



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estudio geológico en el área de Metztlán Edo.
De Hidalgo, zona sur de la Plataforma Valles-
San Luis Potosí. Complemento y aportación
del material al "Proyecto Colección
Baldomero"**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

David Martínez García

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan Carlos Cruz Ocampo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“El pasado humano se llama Memoria,
El futuro humano se llama Deseo”*

Carlos Fuentes

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Anselmo Martínez Galicia y Marisela (Victoria) García Vázquez, por todo su apoyo, por sus enseñanzas, su esfuerzo, valores inculcados y por siempre creer en mí.

A mis hermanos Cesar y Sandra por apoyarme, por acompañarme, protegerme y sobre todo por enseñarme a disfrutar de la vida.

*Con amor y cariño para ustedes.
David Martínez García*

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación académica brindada, también por la formación humana, crítica, objetiva y las experiencias que pude vivir.

A mi tutor Ing. Juan Carlos Cruz Ocampo, por el apoyo, atención y aprendizaje.

A mis compañeros de clase y colegas, confió en que serán y son unos excelentes profesionistas. A mis colegas Carlos, Enrique y Andrés por ser parte de la primer experiencia profesional, por todo sus consejos

A todos mis Profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, siempre llevare algún recuerdo de ustedes.

A mis amigos Gaby Jiménez y Ulises Hernández, gracias por estar siempre.

En especial dedicación a todos aquellos que fueron mi “motor”, amigos, compañeros de trabajo, familia, a los que siempre están apoyándome y a todos aquellos que por alguna razón ya no están pero me motivaron a cerrar este ciclo.

Al comité asignado para la revisión de esta Tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO I INTRODUCCIÓN.	1
Introducción	1
Objetivos	2
Justificación	2
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.	4
Aplicación de la técnica analítica de la petrografía	4
Tipos de Rocas.	6
Petrología Ígnea	6
Textura y Fábrica	7
Grado de cristalinidad	7
Tamaño de grano	7
Forma	8
Fabrica	8
Composición	10
Clasificación de las rocas Ígneas	10
Clasificación por color	10
Clasificación por Nivel cortical	10
Clasificación Química.	11
Diagrama de Streckeisen	12
Clasificación TAS.	13
Rocas Piroclásticas.	14
Petrología Sedimentaria	15
Conglomerados.	16
Ortoconglomerados	17
Conglomerados Oligomícticos	18
Conglomerados petromícticos	18
Paraconglomerados	18
Conglomerados Intraformacionales	18
Rocas Carbonatadas.	19
Texturas de las rocas Carbonatadas.	20
Constituyentes de las rocas carbonatadas.	20
Alloquímicos No Esqueletales	21
Granos Revestidos o Recubiertos	21
Pellets y Pelloides.	22
Agregados Granulares.	22
Intraclastos	23

Extraclastos. _____	23
Aloquímicos Esqueletales _____	23
Protistas. _____	23
Porífera (Esponjas) _____	24
Cnidaria (Corales). _____	24
Anélidos. _____	24
Braquiópodos. _____	24
Briozoarios. _____	25
Trilobites. _____	25
Ostrácodos. _____	25
Equinodermos. _____	25
Moluscos. _____	26
Algas Calcáreas. _____	26
Aglutinantes. _____	26
Matriz. _____	27
Cementante _____	27
Clasificación de Calizas. _____	28
Clasificación de Dunham 1962 _____	29
Clasificación de Folk 1959-1962 _____	30

CAPITULO III MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DE LA PLATAFORMA VALLES- SAN LUIS

POTOSI. _____ 32

Generalidades. _____ 32

Estratigrafía de la Plataforma Valles -San Luis Potosí _____ 33

Tectónica _____ 36

Evolución geológica _____ 38

CAPITULO IV GEOLOGÍA DE LA PLATAFORMA ACTOPAN. _____ 40

Generalidades de la Plataforma Actopan. _____ 40

Estratigrafía local _____ 42

Jurásico. _____ 42

Formación Huayacocotla _____ 42

Formación Tepéxic _____ 43

Formación Santiago. _____ 44

Formación Chipoco _____ 45

Formación Pimienta. _____ 46

Cretácico. _____ 47

formación Tamaulipas Inferior. _____ 47

Horizonte San Juan de Otates _____ 49

formación Tamaulipas Superior. _____ 50

Formación El Abra. _____ 52

Formación Tamabra _____ 55

Formación Agua Nueva _____ 56

Formación San Felipe _____ 58

Formación Méndez _____	58
Paleógeno y Neógeno _____	60
formación Metztlán. _____	60
Formación Atotonilco El Grande _____	62
formación Tarango. _____	64
Tectónica _____	65
Evolución de la Plataforma Actopan _____	66
<i>CAPITULO V GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO. _____</i>	<i>68</i>
Ubicación _____	68
Fisiografía _____	70
Hidrografía. _____	71
Geomorfología. _____	72
Geología Estructural _____	72
Estudios geológicos previos en el área de estudio _____	75
<i>CAPITULO VI PETROGRAFÍA _____</i>	<i>79</i>
Metodología. _____	79
Preparado de muestras. _____	79
Técnica analítica de Petrografía. _____	79
Resultados del estudio petrográfico. _____	84
formación Tamaulipas superior. _____	84
Formación El Abra. _____	90
Formación San Felipe. _____	94
MICROFACIES DE MICRITA FOSILFERA DE FORAMINIFEROS _____	96
MICROFACIES BIOMICRITA DE FORAMINÍFEROS _____	97
MICROFACIES BIOMICRITA CON EXTRACLASTOS. _____	100
CALICHE. _____	102
TOBA _____	104
Formación Méndez. _____	106
MICROFACIES DE MICRITA FOSILIFERA DE FORAMINIFEROS. _____	108
MICROFACIES DE BIOMICRITA DE FORAMINIFEROS. _____	110
formación Metztlán. _____	113
Derrames basálticos. _____	116
<i>CAPITULO VII DISCUCIONES _____</i>	<i>120</i>
<i>CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____</i>	<i>124</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA _____</i>	<i>126</i>
<i>MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO EN METZTILÁN _____</i>	<i>133</i>
<i>ANEXO PETROGRÁFICO _____</i>	<i>134</i>

MUESTRA MTZ-01	134
<i>Procedencia Muestra MTZ-01.</i>	134
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-01.</i>	134
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-01.</i>	135
<i>Clasificación de la muestra MTZ-01.</i>	136
MUESTRA MTZ- 02	137
<i>Procedencia muestra MTZ-02.</i>	137
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-02.</i>	137
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-02.</i>	138
<i>Clasificación de la muestra MTZ-02.</i>	139
MUESTRA MTZ-03	139
<i>Procedencia muestra MTZ-03.</i>	139
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-03.</i>	139
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-03.</i>	140
<i>Clasificación de la muestra MTZ-03.</i>	141
MUESTRA MTZ-04	142
<i>Procedencia muestra MTZ-04.</i>	142
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-04.</i>	142
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-04.</i>	143
<i>Clasificación de la muestra MTZ-04.</i>	145
MUESTRA MTZ-05	145
<i>Procedencia muestra MTZ-05.</i>	145
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ- 05.</i>	145
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-05.</i>	146
<i>Clasificación de la muestra MTZ-05.</i>	148
MUESTRA MTZ-06	149
<i>Procedencia Muestra MTZ-06.</i>	149
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-06.</i>	149
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-06.</i>	150
<i>Clasificación de la muestra MTZ-06.</i>	152
MUESTRA MTZ-07	152
<i>Procedencia muestra MTZ-07.</i>	152
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-07.</i>	153
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-07.</i>	153
<i>Clasificación de la muestra MTZ-07.</i>	155
MUESTRA MTZ-08	155
<i>Procedencia muestra MTZ-08.</i>	155
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-08.</i>	155
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-08.</i>	156
<i>Clasificación de la muestra MTZ-08.</i>	159
MUESTRA MTZ-09	159
<i>Procedencia muestra MTZ-09.</i>	159

<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-9.</i>	159
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-09.</i>	160
<i>Clasificación de la muestra MTZ-09.</i>	162
MUESTRA MTZ-10	162
<i>Procedencia muestra MTZ-10.</i>	162
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-10.</i>	162
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-10.</i>	163
<i>Clasificación de la muestra MTZ-10.</i>	165
MUESTRA MTZ-11	165
<i>Procedencia muestra MTZ-11.</i>	165
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-11.</i>	166
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-11.</i>	167
<i>Clasificación de la muestra MTZ-11</i>	170
MUESTRA MTZ-12	170
<i>Procedencia muestra MTZ-12.</i>	170
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-12.</i>	170
Descripción microscópica muestra MTZ-12.	171
<i>Clasificación de la muestra MTZ-12.</i>	174
MUESTRA MTZ-13	174
<i>Procedencia muestra MTZ-13.</i>	174
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-13.</i>	174
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-13.</i>	175
<i>Clasificación de la muestra MTZ-13.</i>	177
MUESTRA MTZ-14	177
<i>Procedencia muestra MTZ-14.</i>	177
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-14.</i>	177
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-14.</i>	178
<i>Clasificación de la muestra MTZ-14</i>	179
MUESTRA MTZ-15	180
<i>Procedencia muestra MTZ-15.</i>	180
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-15.</i>	180
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-15.</i>	181
<i>Clasificación de la muestra MTZ-15</i>	183
MUESTRA MTZ-16	184
<i>Procedencia muestra MTZ-16.</i>	184
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-16.</i>	184
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-16.</i>	185
<i>Clasificación de la muestra MTZ-16</i>	188
MUESTRA MTZ-17	188
<i>Procedencia de la muestra MTZ-17.</i>	188
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-17.</i>	188
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-17</i>	189

Clasificación de la muestra MTZ-17. _____	191
MUESTRA MTZ-18 _____	192
<i>Procedencia muestra MTZ-18.</i> _____	192
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-18.</i> _____	192
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-18.</i> _____	193
<i>Clasificación de la muestra MTZ-18.</i> _____	196
.MUESTRA MTZ-P1 _____	196
<i>Procedencia muestra MTZ-P1.</i> _____	196
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P1.</i> _____	196
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P1.</i> _____	197
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P1.</i> _____	199
MUESTRA MTZ-P3 _____	199
<i>Procedencia muestra MTZ-P3.</i> _____	199
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P3.</i> _____	199
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P3.</i> _____	200
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P3.</i> _____	202
MUESTRA MTZ-P4 _____	202
<i>Procedencia muestra MTZ-P4.</i> _____	202
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P4.</i> _____	202
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P4.</i> _____	203
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P4.</i> _____	204
MUESTRA MTZ-P5 _____	205
<i>Procedencia muestra MTZ-P5.</i> _____	205
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P5.</i> _____	205
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P5.</i> _____	205
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P5.</i> _____	208
MUESTRA MTZ-P6 _____	208
<i>Procedencia muestra MTZ-P6.</i> _____	208
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P6.</i> _____	208
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P6.</i> _____	209
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P6.</i> _____	211
MUESTRA MTZ-P7B _____	211
<i>Procedencia muestra MTZ-P7B.</i> _____	211
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P7B.</i> _____	211
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-7B.</i> _____	212
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P7B.</i> _____	213
.MUESTRA MTZ-P7 _____	214
<i>Procedencia muestra MTZ-P7.</i> _____	214
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P7.</i> _____	214
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P7.</i> _____	215
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P7.</i> _____	217
MUESTRA MTZ-P8 _____	217

<i>Procedencia muestra MTZ-P8.</i>	217
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P8.</i>	217
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P8</i>	218
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P8.</i>	220
.MUESTRA MTZ-P10B	220
<i>Procedencia muestra MTZ-P10B.</i>	220
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ- P10B.</i>	220
<i>Descripción microscópica muestra MTZ- P10B.</i>	221
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P10B.</i>	223
MUESTRA MTZ-P12B	223
<i>Procedencia de la muestra MTZ-P12B.</i>	223
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-12B.</i>	223
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-12B.</i>	224
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P12B.</i>	225
MUESTRA MTZ-P13	225
<i>Procedencia muestra MTZ-P13.</i>	225
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P13</i>	225
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P13.</i>	226
<i>Clasificación de la muestra MTZ-P13.</i>	228
MUESTRA MTZ-P13B	228
<i>Procedencia muestra MTZ-P13B.</i>	228
<i>Descripción macroscópica muestra MTZ-P13B.</i>	228
<i>Descripción microscópica muestra MTZ-P13B.</i>	229
<i>Clasificación de muestra MTZ-P13B.</i>	231
PORTADAS DE GUIONES DE CAMPO Y LABORATORIO	232

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación triangulo doble de Streckeisen.....	12
Figura 2 Diagrama TAS.....	13
Figura 3 Triángulos de composición para rocas piroclásticas.....	14
Figura 4 Clasificación de Wentworth.....	16
Figura 5 Clasificación de Conglomerados.....	17
Figura 6 Clasificación de mezclas Calcita - Dolomita.....	19
Figura 7 Clasificación de Calizas impuras -margas-Areniscas y Lutitas.....	29
Figura 8 Clasificación de Dunham 1962.....	30
Figura 9 Clasificación de rocas calizas de Folk 1959.....	31
Figura 10 Provincias geológicas.....	33
Figura 11 Columna Estratigráfica de la PVSLP.....	35
Figura 12 La PVSLP en el Kimerigdiano.....	39
Figura 13 Plataforma de Actopan propuesta por Carrasco.....	41
Figura 14 Croquis de ubicación del municipio de Metztlán.....	68
Figura 15 Mapa de ubicación de zona de estudio y muestreo.....	69
Figura 16 SMO, en mapa de provincias fisiográficas.....	71
Figura 17 Pliegues tipo Chevron.....	73
Figura 18 Vista desde el cerro Tlacotepec.....	74
Figura 19 Microscopio Petrográfico Carl Zeiss.....	81
Figura 20 Interfaz de aplicación Matscope.....	83
Figura 21 Superficie formación Tamaulipas.....	85
Figura 22 Estratificación en formación Tamaulipas.....	86
Figura 23 Vista de afloramiento de la formación Tamaulipas.....	87
Figura 24 Fotomicrografías de la formación Tamaulipas.....	89
Figura 25 Afloramientos de la Formación el Abra.....	91
Figura 26 Fotomicrografías de la Formación El Abra.....	93
Figura 27 Afloramiento de la Formación San Felipe.....	95
Figura 28 Fotomicrografías de micrita fosilífera de foraminíferos.....	96
Figura 29 Fotomicrografías de micrita fosilífera de foraminíferos.....	97
Figura 30 Fotomicrografías de Biomicrita de Foraminíferos.....	98
Figura 31 Fotomicrografías de la Biomicrita de Foraminíferos.....	99
Figura 32 Fotomicrografías de Biomicrita de extraclastos.....	101
Figura 33 Fotomicrografías de Caliche.....	103
Figura 34 Fotomicrografías de Toba.....	105
Figura 35 Afloramiento de la Formación Méndez.....	106
Figura 36 Fisilidad en rocas de la Formación.....	107
Figura 37 Fotomicrografías de Micrita fosilífera de Foraminíferos de la Formación Méndez.....	109
Figura 38 Fotomicrografías de Biomicrita de Foraminíferos de la Formación Méndez.....	111
Figura 39 Fotomicrografías de Metacaliza en la Formación Méndez.....	112
Figura 40 Afloramiento de la formación Metztlán.....	113
Figura 41] Afloramiento a pie de carretera de la formación Metztlán.....	114
Figura 42 Gradación normal en conglomerado.....	114

<i>Figura 43 Fotomicrografías del conglomerado de la Formación Metztlán</i>	<i>115</i>
<i>Figura 44 Estructuras tipo Pillow lavas.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 45 Basaltos diaclasados formando columnas tabulares.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 46 Fotomicrografías de basaltos de la zona de Metztlán</i>	<i>118</i>
<i>Figura 47 Fotomicrografías de rocas volcánicas extrusivas básicas</i>	<i>119</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Tipo de Texturas ígneas dependientes de la Fábrica</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 2 Estructuras Sinclinales y Anticlinales en la zona de Metztitlán</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 3 Principales Cabalgaduras en Zona de Metztitlán.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 4 Fallas geológicas en zona de Metztitlán.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 5 Características a describir petrográficamente en rocas ígneas.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 6 Características a describir petrográficamente en rocas carbonatadas.....</i>	<i>82</i>

RESUMEN

El desarrollo de nuevos profesionistas en Ciencias de la Tierra demanda tiempo practicando las habilidades obtenidas en el aula, la Petrografía es una herramienta de la Petrología, rama importante de la Geología con la cual se interpreta y reconstruye la historia pétrea, condiciones de formación y preservación de una roca, por lo que el tener material didáctico actualizado, referenciado y disponible en los laboratorios de petrología, constituyen una herramienta primordial para la formación de profesionistas en Ciencias de la Tierra.

Aprovechando los recursos digitales que existen hoy en día y combinándolas con las técnicas analíticas y trabajo practico que se aplican a la enseñanza de la petrografía, son herramientas que logran la mejor comprensión de los estudiantes en esta área. La localización de las muestras que ellos utilizan (colecciones didácticas) y aunado a la información geológica disponible, puede generar una mejor comprensión de la geología de donde provienen las muestras estudiadas en laboratorio.

El Presente trabajo describe 30 muestras (rocas y láminas delgadas) tomadas en diferentes áreas del Municipio de Metztitlán, las muestras son representativas de las diferentes unidades lito-estratigráficas que afloran en el sitio (afloramientos), este estudio da como resultado dos guías, una de campo y una de laboratorio.

Aunque los estudios previos se han centrado en la descripción de la Formación el Abra y Formación Metztitlán, el principal aporte de este trabajo se encuentra en los resultados obtenidos en la petrografía de las muestras pertenecientes a la Formación San Felipe aflorante en Metztitlán.

PALABRAS CLAVE: Metztitlán, Petrografía, Proyecto Colección Baldomero, material didáctico, Formación San Felipe.

ABSTRACT

The developing of new professionals of science of the earth demand time practicing the skills derive in the room school, the petrography is a tool of the Petrology, important branch of the geology, wherewith he interpret and understand the stony history, making conditions and preservation of a rock, so have teaching material updated, referenced and available in the laboratory of petrology is a tool important for the formation of professionals in earth sciences.

Taking advantage the digital resources nowadays and mix with the analytic techniques and practical work applied to teaching the petrography, these are tools that uphold the best understand of the students in this area. The location of the samples for the students (Didactic Collections) and the information geological available, it can generate a better understanding of the geology that the samples studied in the laboratory represent.

This work describe 30 samples (rock and thin section) collected in different areas from Metztitlán, the samples are representative of the different unit lito- stratigraphic that emerge in this site (Outcrop). This work results in two guides, field and laboratory.

Although the previous studies they have focused on the description of the Formación el Abra and formación Metztitlán, the main contribution of this work is found in the results obtained in the petrography of the samples belonging to the Formación San Felipe that emerged in Metztitlán

Keywords: Metztitlán, Petrography, Proyecto Colección Baldomero, teaching materials, Formación San Felipe.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.

Introducción

El trabajo de tesis que se desarrolla surge de la necesidad de crear y estructurar una colección de rocas de la zona de Metztlán, Hidalgo, una de las localidades visitadas por alumnos y profesores durante las prácticas de campo de algunas asignaturas entre ellas Petrología Sedimentaria asignatura impartida por el Dr. Baldomero Carrasco Velázquez, quien inicialmente realizó varios estudios en la Plataforma Valles San Luis Potosí y resultado de lo anterior el Dr. Carrasco donó una colección de secciones delgadas entregadas al Departamento de Geología, de la DICT Facultad de Ingeniería, UNAM y que forman actualmente parte del proyecto “Acondicionamiento museográfico de las colecciones del Laboratorio de Petrología” y que se incluirán en el acervo del laboratorio, sin embargo hacía falta material didáctico con muestras de rocas y láminas delgadas que contaran con descripción física y petrográfica a detalle, así como su respectiva referencia geográfica por lo que el material que se colectó durante este proyecto de tesis sirvió para realizar un Guión de laboratorio y un Guión de campo del área de Metztlán Hgo y que constituyen junto con el material aportado por el Dr. Carrasco la “Colección Baldomero”. Los guiones permitirán a los académicos y alumnos tener información de los sitios de procedencia de las muestras previo a una visita, facilitando la logística y la enseñanza en campo. Esta información está disponible en el sitio web del laboratorio de Petrología al alcance de académicos y alumnos que servirá para el mejoramiento de la enseñanza tanto en la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra como en otras entidades de la UNAM

Objetivos

Puntualmente dichos objetivos son:

1. Realizar un estudio geológico del área de Metztitlán Hidalgo zona sur de la Plataforma Valles-San Luis Potosí que además permita crear y estructurar una colección de rocas.
2. Integrar el material colectado durante las salidas a campo (láminas delgadas y muestras de mano) al Laboratorio de Petrología, DICT, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
3. Poner a disposición de estudiantes y académicos de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra y académicos de otras entidades de la UNAM la colección del área de Metztitlán Hgo.
4. La colección constara principalmente de rocas sedimentarias y de algunas rocas Ígneas incluidas en un Guión de Laboratorio y un Guión de Campo del área de Metztitlán, Hgo.

Justificación

Las colecciones que se encuentran en el Laboratorio de Petrología son colecciones antiguas y han sido mermadas por el uso constante a través de los años, por lo que es necesaria la creación de nuevo material didáctico.

La aportación del material didáctico e información de esta tesis apoyara una mejor preparación para los futuros ingenieros geólogos.

Históricamente la zona de Metztitlán tuvo importancia económica como prospecto para la exploración de hidrocarburos. Por lo cual se tienen diversas

aportaciones al área a lo largo de 60 Años, curiosamente la zona estudiada no se tenía información en campo y era manejada como interpretación local.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO.

Aplicación de la técnica analítica de la petrografía

Una roca es una masa que ha sido formada por agregados de uno o varios tipos de minerales, materia orgánica o vidrio, los cuales muestran la actuación de los procesos geológicos que los han formado y constituyen la litosfera terrestre.

La petrología es la parte de la geología que se encarga del estudio de las rocas: su descripción y clasificación, su composición química, mineralógica, y su origen o génesis.

El estudio de la petrología es una disciplina importante en el área de las Ciencias de la Tierra, la petrología se conforma básicamente de dos ramas; la petrogénesis y la petrografía. La Petrogénesis se ocupa del origen que tienen las rocas relacionando las texturas con sus procesos de formación, vinculando la mineralogía con ambientes de formación e interpretando sus estructuras. La petrografía es la parte descriptiva del estudio de las rocas, es una herramienta que ayuda a conocer la petrogénesis, identificando minerales, cuantificando la composición mineralógica, reconociendo texturas para lograr una mejor y precisa clasificación de las rocas

Una parte importante del estudio de las rocas, es el trabajo realizado en campo, donde se pueden describir *in si tu* algunas de sus propiedades, observando su aspecto, disposición y relación que guarda con las rocas en su entorno. Este estudio se completa en laboratorios donde a través de estudios con microscopios petrográficos y otras técnicas determinativas en conjunto con los conocimientos teóricos , se puede comprender y determinar el origen de la roca, como, donde y

cuando se ha formado , composición química y que transformaciones ha sufrido desde que se formó hasta que la observamos actualmente.

Existen datos como: el color de la roca (tanto en una zona que se expone a la intemperie, como en una zona fresca de roca), composición modal, textura, estructuras y geometría que nos son de gran apoyo para determinar el origen y la evolución de las rocas.

La composición modal: es la proporción en volumen de los minerales, granos u otros componentes que constituyen la roca. Sirve para establecer comparaciones y para diferenciar distintos tipos de rocas dentro de un mismo grupo.

La geometría de la roca incluye tanto a la geometría interna (textura y estructura) como a la geometría externa (forma de los cuerpos rocosos). La textura y la estructura proporcionan información sobre los procesos geológicos que intervinieron en la formación de la roca.

La textura se refiere a las relaciones geométricas entre los minerales, granos u otros constituyentes de roca, atendiendo esencialmente su tamaño, forma y distribución, en sus diferentes escalas (muestra de mano y lamina delgada).

La estructura se refiere a las relaciones mutuas de grupos o agregados de granos o cristales.

La forma externa, así como tamaño y dimensiones, presentan información sobre el aspecto y características espaciotemporales de las rocas.

Tipos de Rocas.

Los tipos de rocas se han dividido para su estudio en tres, según el proceso geológico dominante en su formación, estas son Rocas ígneas, Rocas sedimentarias y Rocas Metamórficas:

Las rocas ígneas son formadas por solidificación y cristalización de material silicatado parcial o totalmente fundido (Pineda Franco m. Et al, 2000). Se presentan dos grupos las rocas ígneas plutónicas y las rocas extrusivas.

Las rocas Sedimentarias, son formadas por la consolidación de sedimentos, constituidos tanto por acumulación de partículas transportadas por distintos agentes, como por la precipitación química o bioquímica de sustancias disueltas en agua.

Las Rocas metamórficas han sido expuestas a cambios texturales y mineralógicos de rocas preexistentes, debido a cambios en las condiciones de presión y temperatura o ambiente químico.

Por objeto de este estudios solo se trataran las rocas ígneas y rocas sedimentarias (conglomerados y rocas carbonatadas).

Petrología Ígnea

La clasificación de las rocas ígneas se puede realizar principalmente a dos factores la textura y su composición mineralógica, sobre todo en campo es muy valiosa esta información para diagnosticar el tipo de roca.

El principal factor, aunque no el único, que influye en la textura de las rocas ígneas es la *velocidad de enfriamiento*, la cual depende esencialmente de la profundidad a la que se produce la cristalización, pero también de la forma y el tamaño de los cuerpos magnéticos que se están enfriando.

Textura y Fábrica

Los parámetros que definen las texturas de las rocas ígneas son: grado de cristalinidad, tamaño de grano, forma y fábrica.

Grado de cristalinidad

El Grado de Cristalinidad se determina a través del contenido de materiales cristalinos y vítreos.

- Holocristalina: 100 % cristales.
- Hipocristalina o merocristalina: 50 % cristales, 50 % vidrio.
- Holohialina: 50 % de vidrio.

Tamaño de grano

Estas texturas son utilizadas principalmente en trabajo de Campo, la escala a la que se trabaja hace muy práctica esta clasificación en muestras de mano.

a) Texturas faneríticas

- Grano muy grueso > 30.
- Grano grueso 5 – 30 cm.
- Grano medio.
- Grano fino.

b) Texturas afanítica

- Microcristalinas: Entre 0.5 mm y 10 micras.
- Criptocristalinas: menor de 10 micras.

c) Textura Porfídica. La textura porfídica se caracteriza por fenocristales relativamente grandes de una o más especies minerales, implantados en una matriz de grano más fino o de vidrio.

Forma

Está definida por los contornos del mineral. Las formas de los minerales pueden ser: Anhedral, Subhedral y Euhedral.

Anhedrales: Los cristales tienen bordes irregulares.

Subhedral: Los cristales tienen algunos bordes definidos y otros irregulares.

Euhedrales. Los bordes de cristales están bien definidos.

Fabrica

Se refiere a las relaciones mutuas entre los diversos constituyentes y se pueden distinguir seis texturas principales: ***Equigranulares, Inequigranulares, de intercrecimiento, Microlíticas, Hialinas.***

Tabla 1 Tipo de Texturas ígneas dependientes de la Fábrica Modificada de Victoria Morales en (Silva Romo, Gilberto; Mendoza Rosales, Claudia, 2011)

TEXTURAS ÍGNEAS	
Equigranular	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Panidiomórfica o automórfica.</u> Cristales euhedrales • <u>Hipidiomórfica o subautomórfica.</u> Cristales Subhedrales • <u>Alotriomórfica o xenomórfica.</u> Cristales anhedrales
Inequigranular	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Porfírica o porfídica.</u> Fenocristales en una matriz de tamaño fino • <u>Vitrofídica.</u> Fenocristales en una matriz vítrea • <u>Poiquilitica o poecilítica.</u> Cristales grandes que encierran a pequeños cristales • <u>Ofítica.</u> Piroxenos encerrando plagioclasas • <u>Subofítica.</u> Piroxeno encerrando parcialmente plagioclasas • <u>Intergranular.</u> Piroxenos y olivino ocupan espacios entre plagioclasas • <u>Intersertal.</u> Vidrio entre los espacios de plagioclasas. • <u>Glomeroporfídica.</u> Los cristales se encuentran en agregados ya sean del mismo mineral o de varios. • <u>Eutaxítica.</u> Alineación regular de fragmentos piroclásticos aplanados
Intercrecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Pegmatítico o gráfica.</u> Si se observa a simple vista cristales grandes. En microscópicamente, la textura es <u>Micropegmatítica o micrográfica.</u> La textura se caracteriza por la presencia de intrusiones cuneiformes de un mineral en otro por la cristalización simultánea de ambos. • <u>Granofídica.</u> Variedad de intercrecimiento micrográfico cuando se presentan intrusiones radiales de un mineral en otro • <u>Pertítica.</u> Exsolución de albita en un cristal de microclína (plagioclasas en feldespatos potásico) • <u>Antipertítica.</u> Exsolución de feldespatos potásico en plagioclasas. • <u>Mimerkítica.</u> Intercrecimiento de cuarzo vermicular (con aspecto de gusano) en plagioclasa
Microlíticas (orientadas)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Traquítica.</u> Disposición subparalela de microlitos de feldespatos en la pasta de una roca holocristalina, rodeando fenocristales (traquita) • <u>Pilotaxítica.</u> Consiste de microlitos de feldespatos con una disposición subparalela en la pasta cristalina de una roca. • <u>Hialopilítica.</u> Microlitos de feldespatos dispuestos en forma de subparalela en la pasta vítrea de la roca.
De Cavidades	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Esferulítica.</u> Definida por arreglos radiales de cristales fibrosos de uno o varios minerales radiados a partir de un núcleo inmersos en una matriz de vidrio o de otros cristales. • <u>Vacuolar o vesicular.</u> La roca presenta huecos (Vacuolas), irregulares, redondeados, ovales o alargados formados por la expansión del gas disuelto en el magma. • <u>Amigdaloidal.</u> Los huecos (Vacuolas), se encuentran rellenos por minerales secundarios como carbonatos, zeolitas, cuarzo, calcedonia y clorita.

Composición

La composición mineralógica: incluye los minerales que constituyen a la roca, estos minerales dependen de la composición química y permiten conocer condiciones de presión y temperatura a las que se han formado la roca, o a las que ha sufrido la última transformación.

Clasificación de las rocas ígneas

Clasificación por color

Una primera clasificación de las rocas ígneas se puede hacer en función de su índice de color, que es la proporción en volumen de minerales máficos y minerales félsicos. Los minerales máficos (M) (con magnesio y hierro) u oscuros que incluyen el olivino, todos los piroxenos, anfíboles y las micas así como otros minerales normalmente accesorios. Los minerales félsicos (feldespatos y sílice) o de colores claros, que incluyen los siguientes minerales o grupos de minerales: *Cuarzo (Q)* (incluyendo tridimita y cristobalita), *Feldespato Alcalino (A)* (Ortosa, microclína, sanidina, anortoclasa y plagioclasa albita), *Plagioclasa (P)* y *feldespatoides* (o foides) (*F*) (leucita, nefelina, sodalita). De acuerdo a la proporción de minerales máficos (M) pueden ser: Félsicas o leucocráticas ($M < 35$), Mesocráticas ($M > 35 < 65$), Melanocráticas o máficas ($M > 65 < 90$) y ultramáficas ($M > 90$) (M & J.C., 2000).

Clasificación por Nivel cortical

De acuerdo al nivel cortical en donde se forman las rocas ígneas, se clasifican en:

Plutónicas o Intrusivas: Son rocas las cuales su cristalización ocurre a grandes profundidades de la corteza terrestre y sus características se deben a su lento enfriamiento del magma, se caracterizan por tener una textura faneríticas.

Volcánicas o Extrusivas: La solidificación del magma es rápidamente debido a que están expuestas a la superficie terrestre. Se caracterizan por tener texturas afaníticas, ser holohialinas o merocristalinas.

Hipabisales. Rocas cuya cristalización se llevó a cabo a profundidades intermedias. Pueden presentar texturas faneríticas de grano medio a fino o texturas afaníticas con algunos fenocristales.

Clasificación Química.

El contenido de sílice SiO_2 se utiliza como parámetro para definir una clasificación química en base del contenido de este Williams, Turner y Gilbert (1954), propusieron los términos.

- Rocas Ácidas. $\text{SiO}_2 > 63\%$.
- Rocas intermedias. SiO_2 entre 63% y 52%.
- Rocas Básicas. SiO_2 entre 52% y 45%.
- Ultrabásicas. SiO_2 menor al 45%.

Una clasificación que corrientemente es utilizada para los granitoides es la de Baker (1976) que utiliza los valores de Ab –An- Or obtenidos del cálculo de la norma CIPW.

Diagrama de Streckeisen

El diagrama "STRECKEISEN, 1976 " o "QAPF" es reconocido por la IUGS (International Unión of Geological Sciences) como un sistema aceptado para la clasificación de rocas ígneas plutónicas y extrusivas. El diagrama permite en una manera bastante fácil la denominación de rocas plutónicas y volcánicas. Solamente el contenido modal de 4 minerales en una muestra (y la textura) definen al final el nombre de la roca. Existen solamente pocas excepciones: Nombres como "ignimbrita" o piedra pómez no tienen su origen en este diagrama. El sistema presenta una dificultad para clasificar las rocas básicas (Andesitas y Basaltos) y ultramáficas, las cuales se recomienda la clasificación TAS y clasificación de Le Maitre (1989).

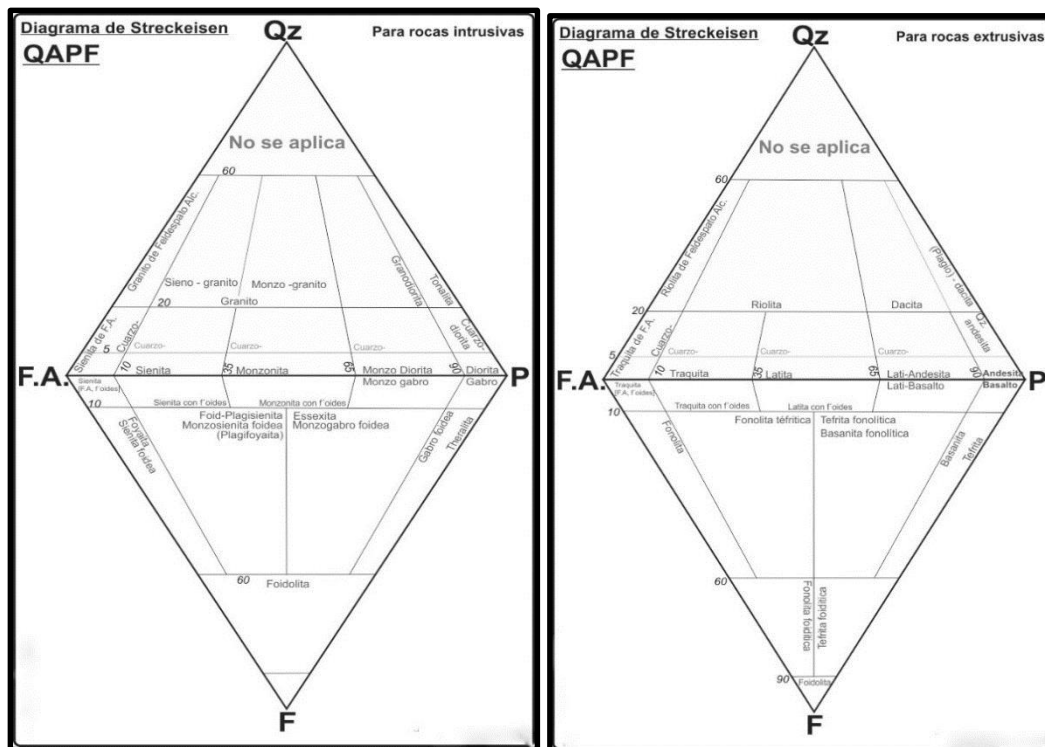


Figura 1 Clasificación triangulo doble de Streckeisen, para rocas intrusivas y extrusivas. (GRIEM, 2016).

Clasificación TAS.

Esta Clasificación es recomendada por la IUGS para la clasificación de rocas volcánicas, es utilizada cuando carece de análisis modales. Entre otro ha propuesto esta clasificación, Zanettin (1984), Le Maitre (1984), Le Bas *et al* (1986).

Los límites de sílice para los campos de basaltos, andesitas basálticas y dacitas, son de 45, 52 y 63 % en peso respectivamente. El Valor 52% para los basaltos es aceptado en la clasificación QAPF de Streckeisen. Todos los análisis son recalculados a 100 %, libres de H₂O y CO₂.

La clasificación es puramente descriptiva, no hay implicaciones genéticas, además, no es aplicable para rocas que han sufrido enriquecimiento cristalino o han sufrido metasomatismo.

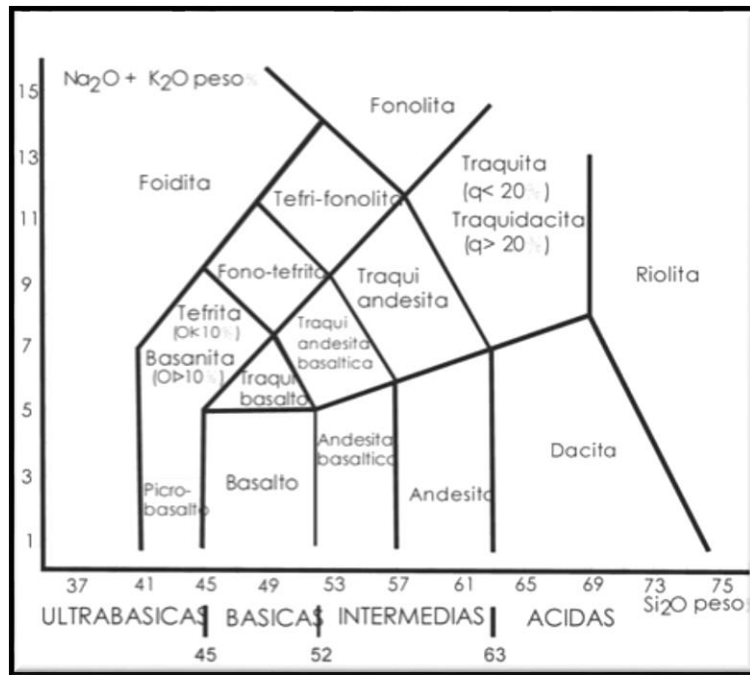


Figura 2 Diagrama TAS. (TOSELLI, 2010).

Rocas Piroclásticas.

Las rocas piroclásticas son rocas ígneas constituidas por clastos predominantemente volcánicos: Líticos, pómez, cristales y esquirlas de vidrio; formadas a partir de la dispersión y litificación de los materiales fragmentados y los fluidos extruidos a la atmosfera Nieto Obregón en (Silva Romo, Gilberto; Mendoza Rosales, Claudia, 2011).

Las rocas piroclásticas comúnmente se clasifican sobre del tipo de material fragmentado o utilizando el tamaño de los fragmentos. Si el volumen porcentual de vidrio y fragmentos de cristales y rocas es determinado, se utiliza para la clasificación los diagramas triangulares.

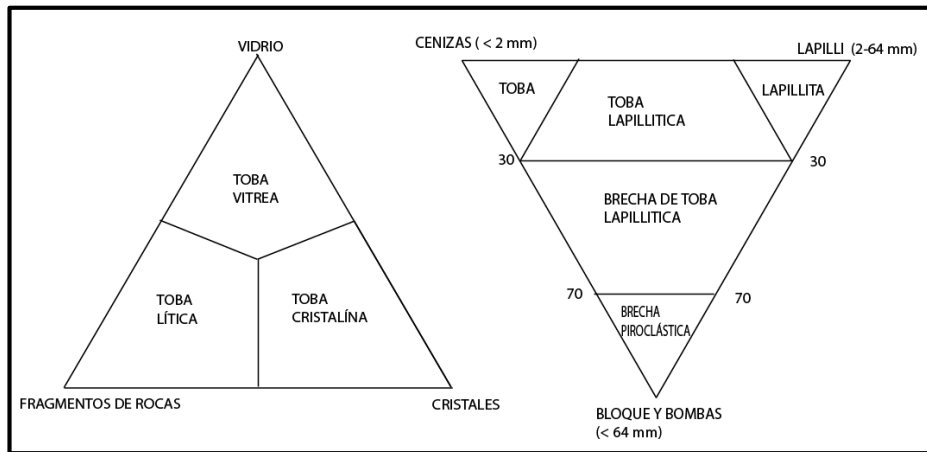


Figura 3 Triángulos de composición para rocas piroclásticas.

Petrología Sedimentaria

Las rocas sedimentarias son el resultado de un conjunto de procesos físicos, químicos, por acción del medio a las que se exponen, principalmente debido a desintegración de rocas preexistentes, transporte de material desintegrado y/o precipitación (química y/o bioquímica), depósito y diagénesis.

Por su origen las rocas sedimentarias se pueden dividir en:

- *Rocas Siliciclásticas.* Formadas a partir de la desintegración de rocas preexistentes (mayor al 50%), están conformados principalmente por minerales del grupo de los silicatos que son los más estables. Ejemplos: Conglomerado, brechas, areniscas, limolitas y lutitas.
- *Rocas Químicas.* Formadas a partir de precipitados. Ejemplo: Calizas, evaporitas, nódulos de pedernal, nódulos de hierro.
- *Rocas Bioquímicas:* Formadas a partir de precipitados orgánicos. Ejemplo; Calizas, Fosforitas.

Es de gran utilidad conocer los parámetros texturales de las rocas sedimentarias, ya que estos ayudan a conocer la procedencia, agente de transporte, la roca que dio origen al sedimento que formó dicha roca, los agentes que han modificado la roca (Tectónica, Ambiente), etc. Los parámetros texturales son: Tamaño y selección, Forma, redondez, orientación, empaquetamiento y madurez.

Por objeto de estudio de este trabajo solo se tratarán los conceptos de conglomerados y calizas.

Conglomerados.

Los conglomerados forman parte de las rocas sedimentarias siliciclásticas, estas rocas se denominan de acuerdo al sedimento que le dio origen, este sedimento se clasifica de acuerdo a su tamaño, según la escala de Wentworth 1922.

Wentworth/Doeglas		DIN 4022	
[mm]			[mm]
Bloques			
63	muy grueso	Gravas	63
32	grueso		grueso
16	medio		20
8	fino		medio
4	muy fino		6,3
2	muy grueso	Arena	2
1	grueso		grueso
0,5	medio		0,63
0,25	fino		medio
0,125	muy fino		0,2
0,063	muy grueso	Silt o Limo	0,063
0,032	grueso		grueso
0,016	medio		0,02
0,008	fino		medio
0,004	muy fino		0,0063
0,002		Arcilla	0,002

Wentworth (1922), Doeglas (1968), DIN 4022

Figura 4 Clasificación de Wentworth 1922 y Doeglas 1968, para clasificar tamaño de grano. (GRIEM, 2016).

Los conglomerados están formados principalmente por clastos del tamaño de gravas, ya sea terrestres o sub acuáticas, rodeadas de matriz o cementante, de la misma o diferente composición que los clastos.

Los conglomerados forman cuerpos lenticulares, sin estructura interna excepto imbricación, con estratificación burda con unidades gruesas, gradadas a gran escala en gravas fluviales.

CLASIFICACIÓN DE CONGLOMERADOS Y BRECHAS (modificado de Pettijhon, 1975)				
Epiclásticos	Extracuencales	ORTO- CONGLOMERADOS (clasto-soportados)	<10% cantos inestables	CUARCÍTICOS
			>10% cantos inestables	PETROMÍCTICOS
		PARA- CONGLOMERADOS (matriz-soportados)	Matriz laminada	"drop-stones"
			Matriz no laminada	TILLITAS (<i>glaciar</i>) TILLOIDES (<i>no glaciar</i>)
	Intracuencales	Conglomerados y brechas intraformacionales		
Piroclásticos	Aglomerados y brechas volcánicas			
Cataclásticos	Brechas de "slump" y deslizamientos			
	Brechas de pliegue y falla ("morrenas tectónicas")			
	Brechas de disolución y colapso			
Meteoríticos	Brechas de impacto			

Figura 5 Clasificación de Conglomerados Pettijhon 1975. (Arribas Mocoroa et al., 2017).

Ortoconglomerados

Son formados fuera de la cuenca, se dividen en Conglomerado oligomíctico y conglomerado petromíctico, dependiendo el contenido de minerales inestables (menor al 10 % y mayor al 10 %, respectivamente).

Conglomerados Oligomícticos

Están compuestos por lo general de un solo mineral inestable, generalmente cuarzo, forman lentes interestratificados con arenas, los clastos se encuentran bien redondeados, no forman grandes depósitos. Pueden ser acumulados por aguas turbulentas (ríos, playas).

Conglomerados petromícticos

El tamaño promedio de sus clastos es de 10 y 20 cm, tienen composición variada, e tamaño de los fragmentos decrece aguas abajo, presenta una selección moderada a pobre. Los conglomerados petromícticos presentan estratificación en gran escala y lenticular, burdo paralelismo de clastos aplanados. La mayoría de estos conglomerados son de origen en un ambiente fluvial.

Paraconglomerados

Contienen mayor cantidad de matriz que de clásticos, se subdividen de acuerdo si su matriz es laminada o no laminada, se originan por caída de guijarros en aguas donde se estaban acumulando lodos y limos.

Conglomerados Intraformacionales

Se originan dentro de cuenca, forman capas delgadas y generalmente se encuentran restringidos en distribución. Se encuentran constituidos por intraclastos, generalmente sedimentos marinos calcáreos. Se originan por fragmentación penecontemporánea y re-depósito del estrato en cuestión.

Rocas Carbonatadas.

Las rocas carbonatadas son aquellas formadas por la litificación de sedimentos ricos en carbonatos, los cuales se presenta en una fracción mayor al 50%. Regularmente son formados a partir del depósito de precipitación química dentro de una solución acuosa. Pueden tener origen químico o bioquímico.

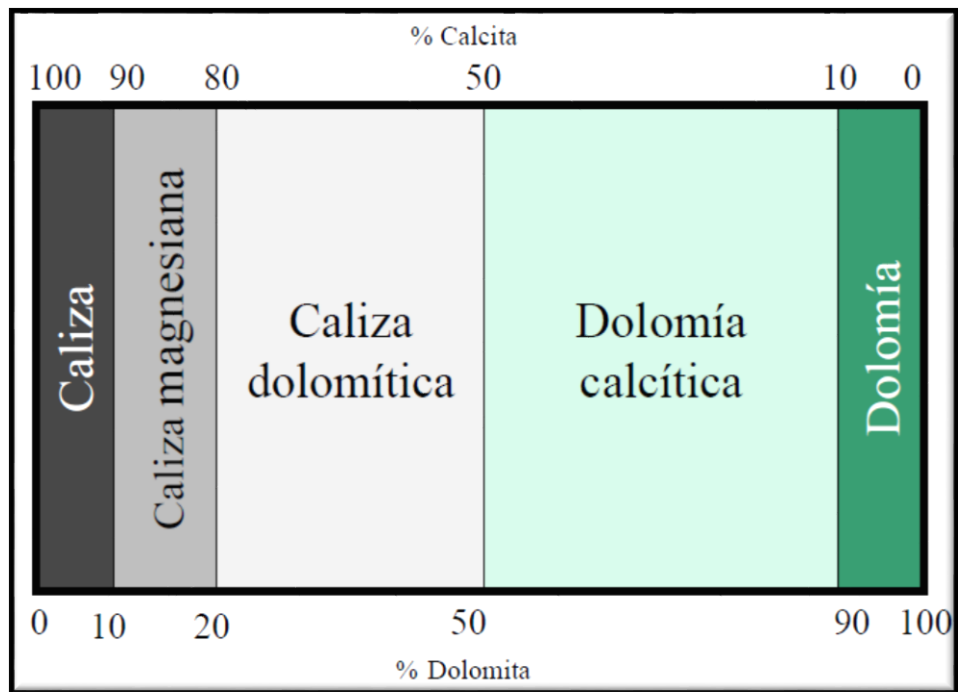


Figura 6 Clasificación de mezclas Calcita – Dolomita, Pettijhon 1975.

La formación de carbonatos ocurre principalmente en la zona marina somera, donde existe una alta productividad orgánica amparada por las condiciones físicas y químicas para su formación. La composición mineral de las rocas carbonatadas es principalmente por Calcita, Aragonito, Dolomita Ankerita y Siderita, además en menor proporción pueden estar compuestas por Glauconita, Colofano, Pirita, Yeso y Anhidrita.

Esta composición está controlada por la temperatura (10 a 30 °C), salinidad, profundidad, Movimiento del agua, EH potencial de oxidación reducción, PH Potencial de Acidez –Alcalinidad, influencia biológica, Afluencia de terrígenos, penetración de la Luz.

Existe formación de carbonatos de origen detrítico, los cuales han sido llamados carbonatos continentales, ejemplos de estos carbonatos son: Caliche, travertinos, Tufa y Marga.

Texturas de las rocas Carbonatadas.

Las texturas s creadas por acción química a través de precipitación, recristalización, reemplazamiento y neomorfismo, cada uno de estos procesos dejan en la roca características y evidencias muy particulares de cada proceso.

Los atributos texturales que nos dan indicadores como criterios texturales son el tamaño de grano, criterio morfométrico, fabrica (Termino incluye características texturales como empaque y orientación de los granos, y estructuras como de espacio abierto “ojos de pájaro” y geopetales) y análisis de frecuencia.

Pettijhon (1975), distingue las texturas cristalinas en: *Macrocrystalinas* (alrededor de 0.75mm), *Mesocrystalinas* (0.20 a 0.75 mm), *Microcrystalinas* (0.01 a 0.20 mm) y criptocristalinas.

Constituyentes de las rocas carbonatadas.

Existen principalmente dos constituyentes en la textura de las rocas carbonatadas, el Esqueleto o Alquímicos y Ortoquímicos o Aglutinantes.

El esqueleto o alquímicos están formados por componentes calcáreos mayores a 30 micras. Se pueden dividir en dos grupos; Partículas no Esqueletales y Partículas Esqueletales.

Alloquímicos No Esqueletales

Granos Revestidos o Recubiertos

Los Oolitos u Ooides. Son cuerpos acrecionales esféricos o subesféricos, presentan certeza calcárea y un núcleo de composición variable, regularmente la corteza es laminada y no es evidente estructuras piogénicas.

Se forman cuando descansa en la interface sedimento-agua y las bacterias y algas lo cubren con una película micrítica, formando fibras aragoníticas alrededor de la superficie del cuerpo del ooide, la abrasión aplana los cristales precipitados o los remueve. Los cristales de la lámina se orientan en dependencia de la energía predominante.

Los ooides se clasifican de acuerdo a; Por el número de láminas, Por el Tamaño y por la Textura de microfábrica.

1. Numero de Laminas:
 - Normal: Mas de dos laminas
 - Superficial: Una o dos laminas (Pseudooide)
2. Tamaño:
 - Ooide : Menor a 2 mm
 - Pisooide: Mayor a 2 mm
3. Textura microfábrica:
 - Sencillos: Una microfábrica textural
 - Compuestos. Dos o más microfábricas texturales

Los Pisoooides Son Ooides de tamaño mayor a 2 mm, son indicadores de aguas muy someras (menos de 30 cm de profundidad) y de alta energía. Se forman en ambientes intertropicales cercanos al Ecuador.

Las Esferulitas. Es cualquier cuerpo esférico con estructura radial. Formados in situ.

Los Ooncooides u Ooncolitos están formados por corteza calcárea de láminas irregulares y parcialmente sobrepuestas, con o sin núcleo, con estructuras piogénicas evidentes. Se forman en ambientes de intra y supramareales de energía baja a media.

Los Cortoides son granos cubiertos por una película micrítica presumiblemente como resultado de la acción de organismos endolíticos.

Pellets y Pelloides.

Granos compuestos de carbonatos microcristalinos (micrita), que oscilan entre las 100 y 500 micras de tamaño (100 a 200 micras son pellets, mayores a 200 micras son Pelloides). Pueden ser el producto fecal de ciertos organismos. Son indicadores de aguas someras de baja energía típicas de ambientes lagunares retro- arrecifales.

Agregados Granulares.

Se forman cuando varias partículas carbonatadas similares se agregan y cementan, existen dos tipos comunes: Grapestones y Lumps.

Los grapestones son agregados esféricos, comúnmente ooides micritizados.

Los Lumps, son grapestones maduros con una cubierta oolítica delgada. Se forman por la acumulación de sedimento carbonatado del tamaño de arena, en la interface sedimento-agua precipita cemento carbonatado, posteriormente se destruye la capa inmadura por eventos de alta energía (Ej. Tormentas), y se forman los Grapestones, posteriormente existe una fase oolítica de los grapestones formando los Lumps. Son importantes indicadores paleoambientales: solo se forman en ambientes inter-mareales.

Intraclastos

Son fragmentos retrabajados de sedimentos carbonatados parcialmente consolidados, representan el mismo ambiente de depósito o al menos uno muy cercano (origen intra-cuenca). Son muy comunes en taludes y ambientes lagunares con actividad de corriente.

Extraclastos.

Fragmentos re-trabajados de sedimentos carbonatados más antiguos de la dinámica de depósito y totalmente consolidados. También los terrígenos (origen extra-cuenca). No representan el mismo ambiente de depósito.

Aloquímicos Esqueletales

Protistas.

Organismos unicelulares cuyas testas pueden ser de dos tipos principales: Calcáreos y Silíceos.

Los protistas calcáreos están formados por: Nano plancton calcáreo, Calpionélidos y Colomieélidos, calciesferas y Foraminíferos.

Los protistas Silíceos, están conformados por: Radiolarios, silicoflagelados, Diatomeas.

Porífera (Esponjas)

Son buenos indicadores paleoecológicos (corrientes y oxigenación), el esqueleto está formado por dos componentes: esponja y espículas, la clasificación con base en la composición de las espículas que sirven de soporte a la masa corporal

Cnidaría (Corales).

Son importantes formadores de arrecifes, están conformados por tres grupos, reconocidos por el arreglo de su coralito. Escleratinidos, Rugosos y tabulados.

Anélidos.

Son estructuras en forma de tubo hechos por organismos (gusanos), son importantes formadores de arrecifes.

Braquiópodos.

Son animales marinos bivalvos sésiles fijos al sustrato, sus valvas son de distinto tamaño, forma y ornamentación, la concha calcárea es muy estable, presentan tres tipos de estructura interna en la concha: No puntada, pseudo puntuada (estas dos con extinción ondulosa) y puntuada (extinción prismática). Son muy abundantes en el Paleozoico.

Briozoarios.

Son importantes formadores de arrecifes, se distribuyen de la zona nerítica a la batial, son organismos coloniales. Son muy sensibles a la incursión terrígena. Son buenos indicadores de oxigenación y fácilmente son confundidos con corales y algas calcáreas. Se distribuyeron durante el Ordovícico Tardío–Reciente.

Trilobites.

Son artrópodos marinos, de esqueleto quitinoso, fosfático y calcáreo. Con capas pobremente definidas construidas de prismas calcáreos perpendiculares a la superficie, presentan extinción ondulosa. Se distribuyeron durante el Cámbrico y el pérmico.

Ostrácodos.

Son artrópodos con dos valvas, constituidos por una pared quitinosa y calcárea. Indican cercanía de aguas dulces, por lo que son abundantes e Deltas. Las valvas gruesas y ornamentadas indican aguas someras, mientras que, valvas delgadas y no ornamentadas indican aguas profundas.

Equinodermos.

Son invertebrados marinos, formados por esqueleto de composición calcárea con bajo contenido de Mg, con todos los cristales orientados en la misma dirección, como resultado de esto, presentan extinción total como si fuera un cristal individual, desarrollan cementos secundarios por crecimiento sintaxial.

Se han distinguido cuatro grupos petrográficos.

- Radiolas. Espinas de erizos.

- Saccocomidos. Crinoidesplanctonicos.
- Crinoides sedentarios. Placas comúnmente conservadas en envolturas micríticas.
- Esclerítas. Elementos del endo –esqueleto.

Moluscos.

Su concha está formada por tres capas: *Periostracum* compuesta por una capa quitinosa. *Ostracum* formada por una capa prismática de calcita alta o baja en Mg y la capa. *Hipostracum* equipada por una capa nacarosa de aragonito. Se han distinguido seis grupos importantes en el registro geológico:

1. Pelecípodos.
2. Gasterópodos.
3. Incertae sedis.
4. Cefalopodos Amonitas.
5. Rudistas.
6. Tentaculítidos.

Algas Calcáreas.

Se han distinguido cinco grupos importantes:

1. *Cyanophyta* (algas azul- Verdes). Muy comunes en ambientes intramareales, atrapan sedimento, más que producirlo.
2. *Rhodophyta* (algas rojas). Indican ambientes marinos someros, intertropicales y cálidos, son muy comunes en arrecifes.
3. *Chlorophyta* (algas verdes).
4. *Charophyta* (algas calcáreas de aguas dulces y salobres).
5. *Calciesferas. Incertae sedis.*

Aglutinantes.

Folk incluye el termino ortoquímico (1959) (en Arribas Mocochoa, M.E. 2007) para designar a la solución formada por precipitación química o bioquímicas directo en

la propia cuenca de la sedimentación durante o después del depósito. Estos rodean regularmente a los aloquímicos.

Matriz.

La matriz consiste en el material intersticial entre los granos, y generalmente se acepta que son todos aquellos componentes de tamaño menor a 30 micras. Es denominado lodo calcáreo, ooze o micrita. De acuerdo al tamaño se ha clasificado a la micrita por:

- Minimicrita < 1 μm
- Micrita 1 – 4 μm
- Microespatita 4- 10 μm
- Espatita > 10 μm

Según su origen Flugel (1982) clasifica a la micrita en:

- Automicrita. Debido a cambios en la química del agua.
- Alomicrita. Debido a suministro de partículas carbonatadas.
- Pseudomicrita. Debido a cambios diagenéticos.

El origen de la micrita también puede ser debido a neomorfismo.

La micrita (y el cemento) de origen inorgánica ha variado su composición química a través del tiempo, en función de la composición química del agua marina.

Cementante

El cementante es originado por el crecimiento de cristales en espacios preexistentes. Estos espacios pueden ser tanto inter-partículas como intra-partícula. Uno de los resultados finales de la cementación es la litificación del sedimento y pérdida de porosidad. Es un importante registro de la historia diagenética de las rocas carbonatadas. Existen tres tipos de cementante.

- *Ortoespatita o calcita en bloque.* Cemento típico, se origina en poros intergranulares, cristales grandes con límites bien definidos., los cristales aumentan de tamaño hacia el centro.
- *Pseudoespatita.* Cemento espatítico neomórfico resultado de la alteración diagenética de la matriz micrítica. Muy común en rocas lodosoportadas
- *Microespatita.* Estado intermedio entre micrita y pseudoespatita

La dolomitización es el proceso a través del cual cristales de Calcio (CaCO_3) son reemplazados por cristales de dolomita— $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. La dolomita presenta cristales rómbicos, y como cementante es parte de un proceso diagenético secundario. Es generado por procesos muy complejos, en ambientes diagenéticos enriquecidos en magnesio.

Clasificación de Calizas.

La clasificación de las calizas o rocas carbonatadas están basadas en las características composicionales y texturales de las rocas. Las clasificaciones composicionales son aquellas que distinguen por su composición (Caliza. Dolomita, ver figura 6) y por contenido de arcillas.

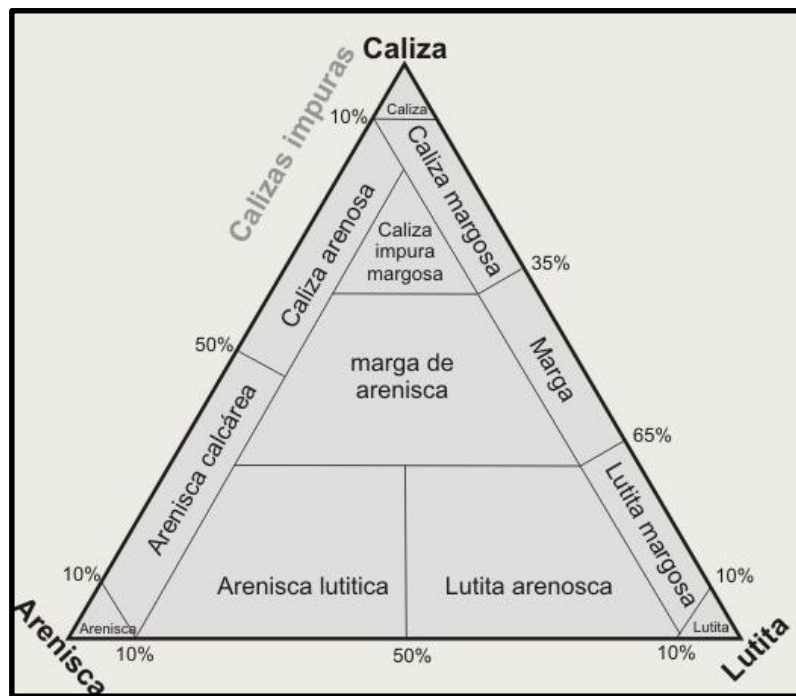


Figura 7 Clasificación de Calizas impuras - Margas-Areniscas y Lutitas Corres 1949. (GRIEM, 2016).

Existen diversas clasificaciones y modificaciones de estas para la clasificación de las rocas carbonatadas, en este trabajo se han utilizado dos; La clasificación de *Dunham (1962)*, utilizada principalmente en campo y la clasificación de *Folk (1959, 1962)* utilizada principalmente en estudio petrográfico.

Clasificación de Dunham 1962

La clasificación de Dunham esta realiza con base en la relacion de matriz y particulas carbonatadas. La distincion es realizada en si esta soportasda por matriz o por granos.

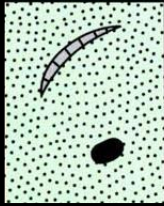
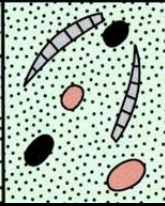
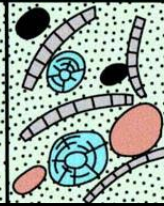


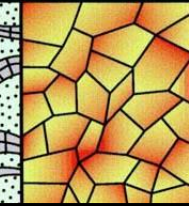
Textura deposicional reconocible					Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
Con barro micrítico			Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico		
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado			
< 10 % granos	> 10 % granos				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
					

Figura 8 Clasificación de Dunham 1962 para caliza (Arribas Mocoroa et al., 2017).

Existen diversas modificaciones a la clasificación de Dunham 19662, una de las más aceptadas es la de Embry y Klovan (1972) subdividen el Budstone de Dunham (1962) de acuerdo a las características específicas de crecimiento orgánico, basado en la relación matriz y partículas.

Clasificación de Folk 1959-1962

La clasifiacion de Folk esta basada su clasifiacion según los tipos y tamaños de aloquimico y ortoquimicos.Distingue la naturaleza de los granos que la constituyen y la abundancia relativa de la matriz micritica contra cemento espatico que rellena los poros.

Clasificación de Folk (1962)		Más del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO I y II		Menos del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO III		Rocas de Biohermos	DOLOMIAS ROCAS TIPO V			
		Cemento esparítico	Matriz micrítica	De 1 a 10% de aloquímicos			Con "fantasmas" de aloquímicos	Sin fantasmas		
		TIPO I	TIPO II			Menos del 1% de aloquímicos				
COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DE ALOQUÍMICOS	Más del 25% de INTRACLASTOS	INTRAESPARITA Intraesparrudita	INTRAMICRITA Intramicrorrudita	Según el aloquímico dominante	MICRITA con Intraclastos	MICRITA	BIOLITITO (ROCAS TIPO IV)	Dolomía con Intraclastos		
	Menos del 25% de INTRACLASTOS	Más del 25% de OOIDES	OOESPARITA Ooesparrudita		OOMICRITA Oomicorrudita			MICRITA con Ooides	Dolomía con Ooides	
		Menos del 25% de OOIDES (relación de volúmenes de peloides y bioclastos b/p)	> 3		BIOESPARITA Bioesparrudita			BIOMICRITA Biomicrorrudita	MICRITA con Bioclastos	Dolomía con Bioclastos
			3 - 1/3		BIOPELESPARITA			BIOPELMICRITA	MICRITA con Peloides	Dolomía con Peloides
			<1/3		PELESPARITA			PELMICRITA		
DOLOMIAS										

Figura 9 Clasificación de rocas calizas de Folk 1959-1962 (Villalobos Salas, 2017).

CAPITULO III MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DE LA PLATAFORMA VALLES- SAN LUIS POTOSI.

Generalidades.

Una plataforma es una superficie sumergida en el mar originalmente, de extensión y duración variable, el cual se desarrolla sobre un sustrato continental en regiones que antes eran estables, las plataformas están delimitadas por su talud y en algunos casos por playas. Sus materiales se depositan horizontalmente y algunas han sufrido plegamiento. En las plataformas dominan las rocas carbonatadas, sufren transgresión y regresión marina, su sedimentación es continental, costera o marina somera, en ellas se desarrollan Arrecifes.

La plataforma Valles San Luis Potosí (PVSLP) es un gran segmento de rocas precámbricas, paleozoicas y triásicas, plegadas y fallas, sobre el cual se depositaron una secuencia delgada de sedimentos marinos del jurásico Superior y potentes secciones de rocas evaporítica y calizas de tipo arrecifal y post-arrecifal del Cretácico inferior, medio y superior. Las zonas marginales de Plataforma han sido atractivas en la prospección petrolera.

La Plataforma de Valles San Luis Potosí está ubicada en la porción centro oriental del Altiplano Mexicano, comprende los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, Querétaro e Hidalgo. Abarca una parte de la Sierra Madre Oriental; tiene una superficie de más de 48 000 Km². En 1992 Ortega publica carta de provincias geológicas y en el 2010 Pemex realiza una carta basada en el trabajo de Ortega, en dicha publicación la carta limita al Norte, al Sur y al Este con el Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, al Oeste con La Provincia Zacatecana y la Faja Ignimbrítica

Mexicana, al no conocerse el límite sur de la Plataforma, algunos autores sugieren que limita al sur con la Faja Volcánica Transmexicana.

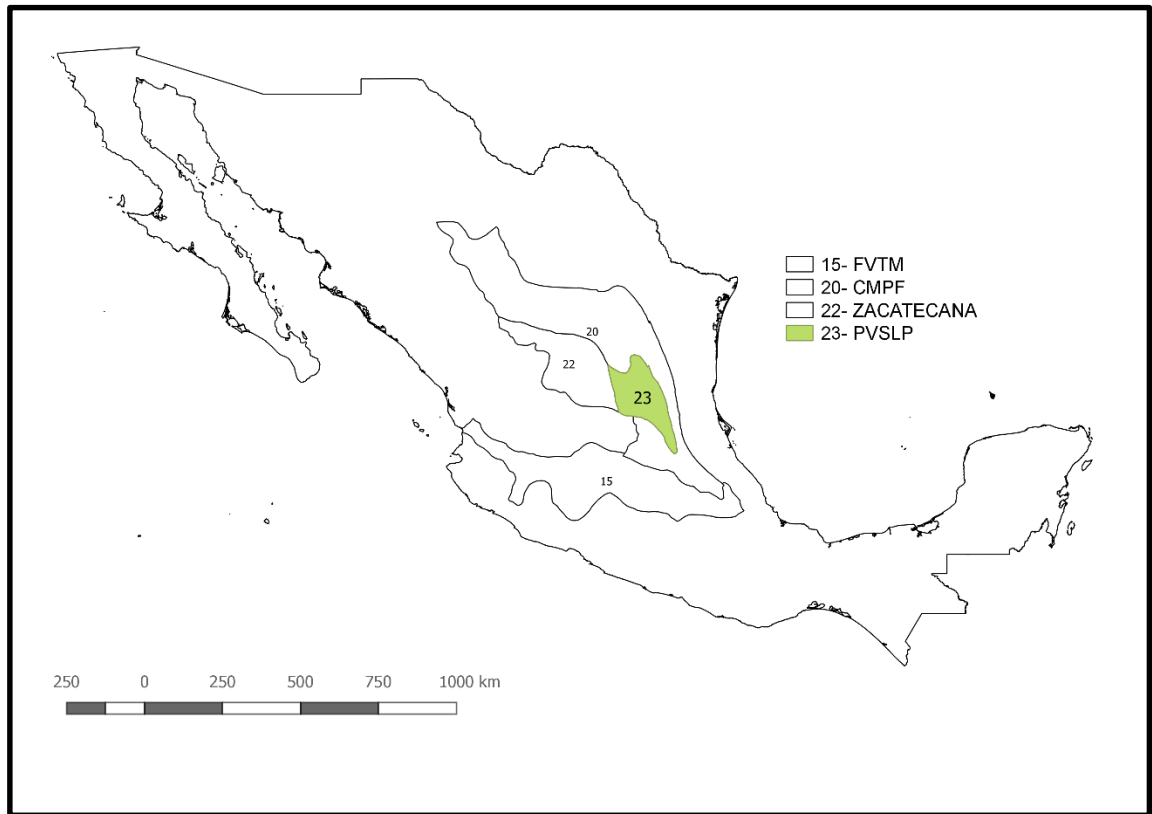


Figura 10 Provincias geológicas colindantes con la 23- PVSLP (-Plataforma Valles - San Luis Potosí), 15- FVTM (Faja Volcanica Transmexicana), 20 CMPF (Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas). 22 Zacatecana. Basado en Ortega - Gutierrez et al., 1992.

Estratigrafía de la Plataforma Valles -San Luis Potosí

Carrillo –Bravo divide a la plataforma en tres zonas, Cuenca, margen oriental y margen Occidental. Las rocas más antiguas aflorantes de la Plataforma están localizadas en la porción central del arco de Miquihuana.

La columna estratigráfica de esta unidad paleogeográfica se caracteriza principalmente por la presencia de secuencias arenosa arcillosa, evaporítica, calcárea y terrígena.

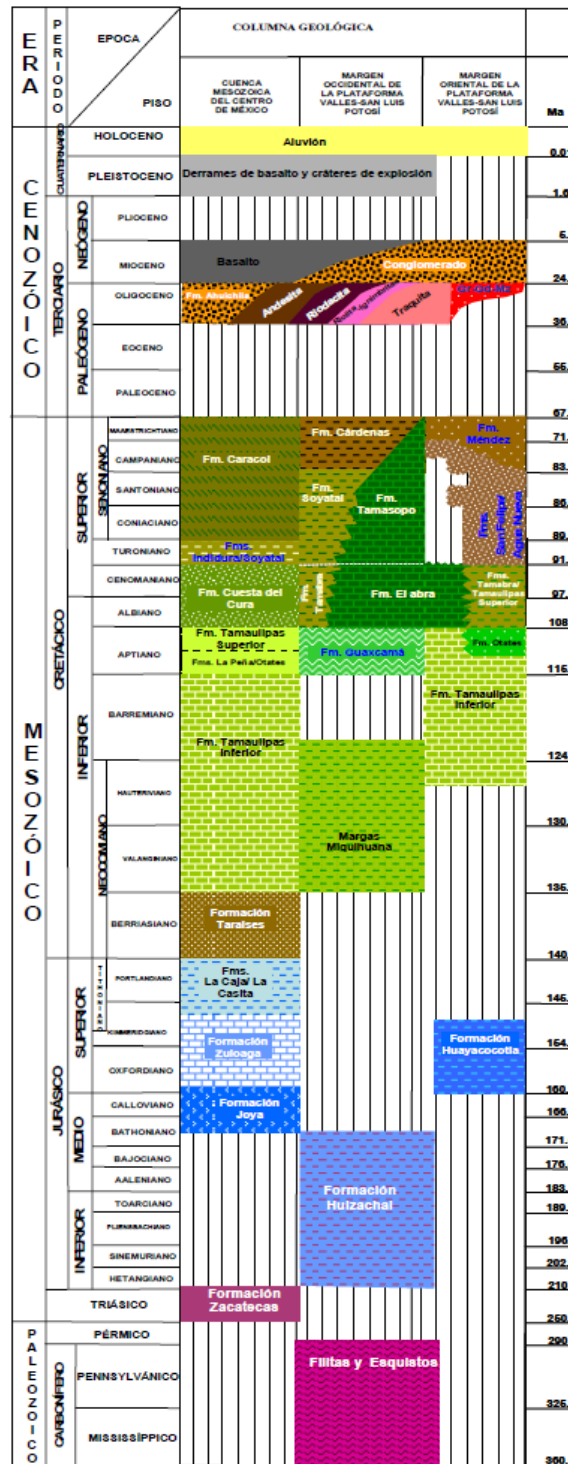


Figura 11 Columna Estratigráfica de la PVSLP. Basada en el trabajo de Carrillo-Bravo 1971, tomada de (Rocha Rocha, 2008).

Tectónica

La plataforma Valles-San Luis Potosí se formó durante la Orogenia Permo–Triásica, está integrada por una gran variedad de rocas, las cuales han sufrido deformaciones y fallamientos. Los límites se encuentran: Al poniente con la cuenca Mesozoica del Centro de México, al oriente con el Antiguo Golfo de México, al norte un canal que comunicaba estas dos cuencas y al sur continúa aunque no se tiene bien definido el límite, se propone el límite la Faja volcánica Transmexicana.

Existió una Transgresión marina que inició en el Kimmeridgiano y la influencia de dicha unidad Paleogeográfica persistió durante el Jurásico Superior, Cretácico Inferior, Medio y Superior.

Sobre la plataforma Valles- San Luis Potosí se encuentran numerosos anticlinales y sinclinales, alargados, de considerable longitud, frecuentemente recumbentes o abanicados. A excepción del Arco de Miquihuana, en que se hallan expuestas rocas triásicas y precámbricas, en la mayoría de los casos las formaciones involucradas en el plegamiento van en edad desde el jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. Sobre la plataforma Carrillo-Bravo (1971) reporta cuatro Arcos y dos Anticlinales de apreciable relieve estructural, los cuales por mencionar son: Arco de Guadalcázar, Arco de Nahola, Arco de Miquihuana, Arco de Gómez Farías, Anticlinal de Guaxcamá y Anticlinal Valle de Guadalupe.

El fallamiento reconocido por Carrillo-Bravo (1971) lo reporta como no grave y reconoce dos fallas principales; Falla Xilitla a San Antonio y la Falla del Frente

oriental de la Sierra de El Abra. La Falla Xilitla a San Antonio, se localiza en el margen sudoriental de la Plataforma, al oeste de Xilitla, S. L.P., tiene poco más de 20 Km de longitud con un salto considerable, orientada aproximadamente de 10° a 20° NW SE y ponen en contacto sedimentos de la base del Cretácico con rocas de la cima del mismo sistema. Las Fallas del frente oriental de la Sierra de El Abra, es un sistema de fallas normales, con desplazamientos verticales de más de 50 m. y orientadas de 10° NW- SE a NS, posiblemente asociadas a un fracturamiento antiguo.

Carrillo también reporta un sistema de fracturas, orientado 45° NE SE a casi EW se localiza en la región plegada que corresponde a la Sierra Madre Oriental.

El plegamiento de las rocas aflorantes en la Plataforma Valles – San Luis Potosí es debido a la fase orogénica Laramide. En la forma e intensidad de la Plataforma tuvieron influencia, el basculamiento de la Plataforma (basculamiento hacia el oriente) y la unidad de evaporitas del Cretácico Inferior que facilito el despegue de las capas rígidas supra yacentes.

Eguiluz (2000) a través de secciones sísmicas observa que el basamento está inclinado hacia el poniente del ante país y propone un posible cambio litológico en la composición magnética del complejo basal, pude ser la causa.

Se proponen despegues ya que en esta plataforma coexisten bancos masivos de carbonatos competentes y evaporitas de comportamiento dúctil, esas diferencias significativas de comportamiento mecánico aunado a cambios de facies, espesor de

la sección y acuíñamientos de unidades estratigráficas en el subsuelo, producen el comportamiento estructural diferente entre el oriente y el poniente.

Parecer que los estilos de deformación son diversos a lo largo de la plataforma, los plegamientos son debidos al despegue de las evaporitas en el norte de la plataforma mientras en el sur se debe a despegue de las evaporitas de Guaxcamá y a fallamiento inverso y fallas laterales de desgarre Suter (1980).

El mecanismo dinámico que propone Eguiluz (2000) es el de modelo de cuña crítica (Davis, 1983).

Evolución geológica

En la Plataforma Valles-San Luis Potosí se reconocen tres ambientes principalmente (Quilatan, 2008); Ambiente de Plataforma, Ambiente de Talud, Ambiente de Cuenca.

Durante el Pérmico Temprano comienza la evolución estructural con la colisión de Godwana con Larurasia que conforma el continente Pangea , creando el cinturón Ouachita- Marathon (Pindell y Dewey 1982) (Rocha , 2008); Posteriormente, en el Triasico Tardío–Jurásico Temprano ocurre el rifting que marca el comienzo del rompimiento de Pangea, apertura del Atlantico y la conformación del Golfo de México ,dando origen a las placas de Norteamerica , Placa de America del Sur y placa de Africa (Dickinson y Coney , 1980; Padilla–Sanchez, 1982; Rocha, 2008).

La Evolucion Paleogeográfica del centro oriente de México durante el Mesozoico y Cenozoico está estrechamente relacionado con el Origen del Golfo de México (Salvador y Green, 1980), considerando la deriva de la península de Yucatan hacia

el sur durante el Jurásico Tardío (Pindell, 1985, 1993; Goldhamer, 1999; Rocha, 2008). Además de la separación de las Placas, debido al ensanchamiento del piso oceánico; dichos eventos prepararon el basamento ígneo y metamórfico de la parte centro-oriental y noreste de México en altos y bajos estructurales, lo que favoreció el desarrollo de plataformas marinas, que se conocen hoy en el territorio de México (Rocha, 2008).

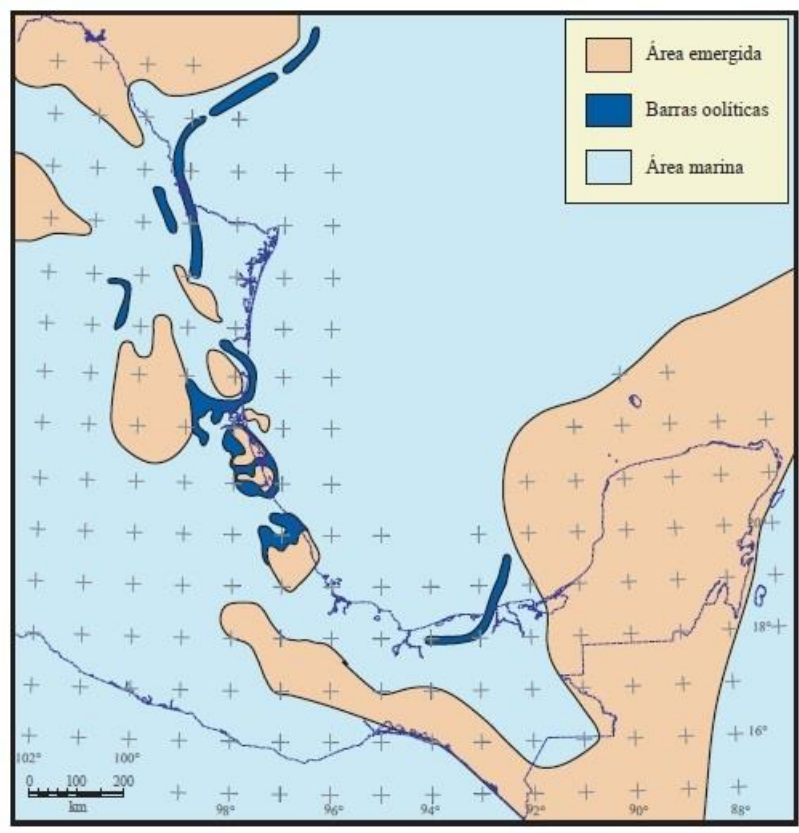


Figura 12 La PVSLP en el Kimmeridgiense (Padilla Sánchez, 2007).

CAPITULO IV GEOLOGÍA DE LA PLATAFORMA ACTOPAN.

Generalidades de la Plataforma Actopan.

La Plataforma Actopan se encuentra al nororiente del Estado de Hidalgo, dentro de las Provincias Fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y cubiertas por parte del Eje Neovolcánico (SGM, 2003). Dentro de las provincias Geomorfológicas de Sierra Madre Oriental (SMO), Mesa Central (MC) y Faja Volcánica Transmexicana (FVT). De las Subprovincias Geomorfológicas Sierra Alta (SMO), Planicies y Sierras Volcánicas (MC) y Cuencas y Estratovolcanes (FTV). Silva Romo et al (2011).

Dentro de la Sierra Madre oriental encontramos parte de la Cuenca de la Sierra Madre Oriental y la Plataforma Valles–San Luis Potosí.

Considerando que la Plataforma Valles San Luis no era uniforme por la existencia de un paleocanal Carrasco (1970) propuso el nombre local de Plataforma Actopan a la porción situada al sur de Zimapan y hasta los alrededores de Actopan Hgo.

Se han realizado diferentes estudios sobre la Plataforma de Actopan, desde los años 60 a la actualidad, la zona en que ha tenido mayor importancia es la zona de Meztitlán Hidalgo.

La Plataforma Actopan se encuentra localizada en el extremo SE de la Plataforma Valles San Luis Potosí, la variabilidad de la distribución y la complejidad de las litofacies son consecuencia de las condiciones de subsidencia, así como la velocidad de sedimentación, no fueron ni uniformes ni constantes.

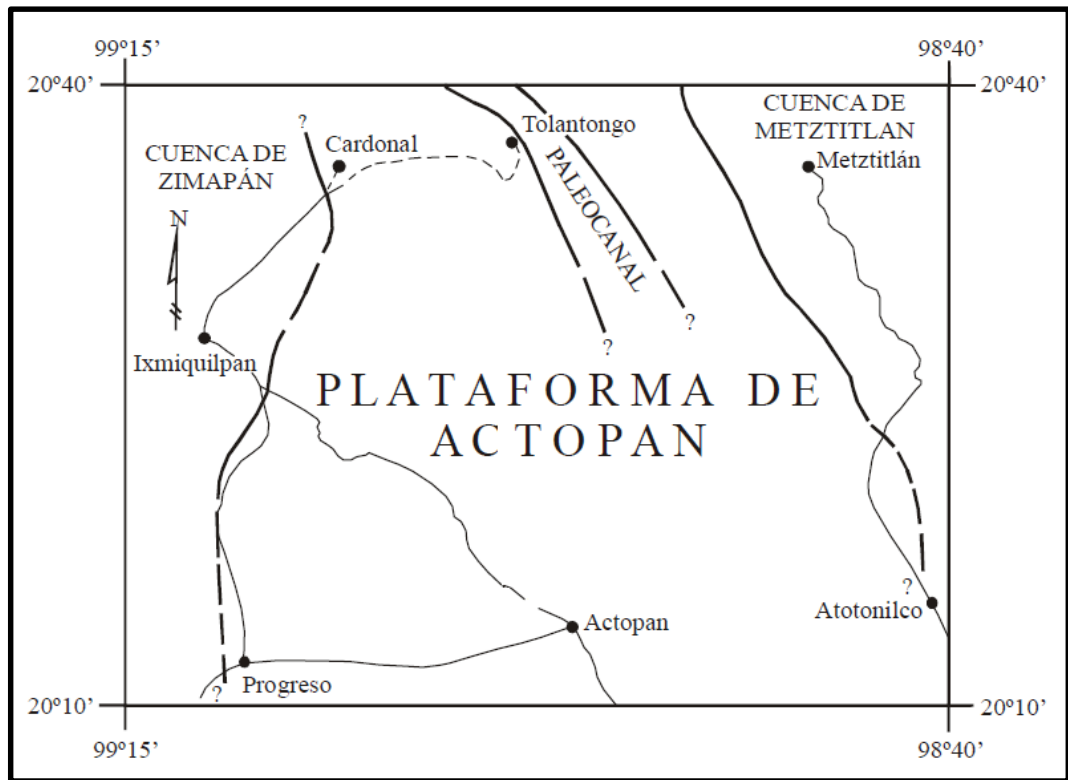


Figura 13 Plataforma de Actopan propuesta por Carrasco (CARRASCO VELAZQUEZ, et al, 2004).

Carrasco (1971) propone posibles límites para la Plataforma Actopan, al SE de Ixmiquilpan Hgo., en el área de Cerros Maguey Blanco y Cuesta de México, se ha podido establecer el límite poniente de la plataforma, no se conoce su prolongación hacia el Norte ni los límites Sur y Oeste de la Plataforma ya que se encuentran erosionados, o cubiertos por rocas del Cenozoico, el límite Noreste se encuentra orienta NW a SE, Frente a Meztitlán Hgo. Se cree que no fue continua en el área de Tolantongo Hgo. se cree que existe un paleocanal paralelo al límite NE de la plataforma.

Estratigrafía local

Jurásico.

Formación Huayacocotla

Se encuentra Localizado en los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz. Se ha propuesto por Imlay y colaboradores (1948) como localidad tipo afloramientos en el río Vinasco, cerca de Huayacocotla, Veracruz. En la región de Molango Hgo. Ochoa-Camarillo et al (1998) tres miembros de la Formación Huayacocotla; El *miembro Inferior* está constituido por conglomerado, arenisca, limolita y lutita con exoclastos que contiene fusiles retrabajados, caracterizado por la ausencia de fósiles autóctonos. El *miembro intermedio* está constituido por conglomerado, arenisca, limolita y lutita, con amonitas. El *miembro superior* está formado por arenisca, limolita, lutita y conglomerado y se caracteriza por la presencia de plantas fósiles continentales.

El máximo espesor reportado por Ochoa – Camarillo et al (1998) en el arroyo Amaxatl, es de 900 m.

Los tres miembros estratigráficos reconocidos en la Formación Huayacocotla indican tres ambientes diferentes de depósito. La litología de del mimbros inferior consiste en conglomerados y algunas brechas masivas y, debido al gran tamaño de los clastos, se sugiere que fueran transportados por corrientes de energía alta y depositados muy cerca de su lugar de origen. Los depósitos de este intervalo son depósitos de abanicos aluviales que están indicando el inicio del relleno de los Grabens. Además presenta algunos intervalos de areniscas roja, que sugieren un

ambiente continental. El miembro intermedio tiene fósiles autóctonos, principalmente amonitas y bivalvos; interpretados como un ambiente marino poco profundo, próximo a la costa. El miembro superior está constituido principalmente por arenisca, lutita y limolita con flora continental, por lo que sugiere un ambiente fluvial.

Formación Tepéxic

Erben (1956) describió formalmente esta unidad y la denominó "Calcarenita Tepéxic", tiene su localidad tipo en el río Necaxa, Estado de Puebla. Descansa de manera concordante y abrupta sobre la Formación Cahuascalas y en otras áreas donde no aflora esta unidad, yace en discordancia angular sobre la Formación Huayacocotla. En la parte superior está cubierta en forma concordante abrupta o transicional por la Formación Santiago, bien en contacto abrupto o concordante con la Formación Chipoco.

La parte inferior no presenta fósiles, pero la parte superior, está formada por margas, limolita calcárea con horizontes de coquinas.

La Formación Tepéxic se depositó en un ambiente de plataforma muy somero, cercano a la costa, evidenciado por la presencia de horizontes oncolíticos y estratificación ondulada.

El ambiente de depósito se cree en base a los datos es de plataforma muy somera, cercana a la costa, por los oolitos indica un medio de sedimentación

cercano a la línea de costa, mientras que las ostráceas y grifaeas hacen suponer existencia de barras y pequeños islotes, dentro de lagunas someras fangosas.

Los sedimentos marinos indican el hundimiento de la región y el inicio de una transgresión marina, posiblemente relacionada con la apertura del Golfo de México.

Formación Santiago.

La unidad fue definida por Cantú–Chapa (1971); su localidad tipo está ubicada en la carretera federal número 85, al oriente de Tamán.

La unidad está constituida por un paquete de limolita negra calcárea; ocasionalmente hay capas de caliza negra. En la parte superior hay abundantes concreciones negras, calcáreas, donde se hallan calizas arcillosas de color negro. La parte intermedia se caracteriza por la ausencia de fósiles y la inferior por presentar amonitas y ostreidos (*Gryphaea*) (Ochoa, 1998).

La Formación Santiago descansa concordantemente encima de la formación Tepéxic y en el área de Huiznopala descansa sobre el Gneis Huiznopala, La Formación Chipoco yace sobre la Formación Santiago, en contacto concordante y abrupto.

La edad del Calloviano-Oxfordiano tardío que se asigna a la Formación Santiago se basa en los amonitas estudiados por Cantú-Chapa (1971) Ochoa (1998).

El ambiente de depósito, se cree que se realizó en condiciones marinas tranquilas reductoras en facies de cuenca (Pedrazzini y Basáñez–Loyola, 1978) (Ochoa, 1998).

Formación Chipoco

La Formación Chipoco fue definida por Hermoso de la Torre y Martínez–Pérez (1972), la localidad tipo se encuentra en el tajo de Tetzintla cerca de Chipoco en el municipio de Tlanchinol, Edo. De Hidalgo.

Litológicamente es una alternancia de caliza (Grainstone) y lutíta calcárea. Ochoa–Camarillo (1996) Ochoa (1998) distingue cuatro unidades litológicas: Miembro 1- constituido por caliza manganesífera con intercalaciones de lutíta calcárea; miembro 2- caracteriza por arenisca calcárea con intercalaciones de lutíta calcárea arenosa; miembro 3- presenta limolita y lutíta calcárea con intercalaciones de caliza arcillosa; miembro 4 está constituida por caliza interestratificada en forma rítmica con lutíta negra.

El contacto inferior es concordante y abrupto con la Formación Santiago, en algunas zonas con la Formación Tepéxic y sobre el Gneis Huiznopala. El contacto superior es transicional con la Formación Pimienta.

Sus espesores varían desde 63 m a 480 m.

La edad referida para la Formación Chipoco es del Kimmeridgiano temprano–Tironiano temprano, basado en amonitas de *Idoceras* y *Glochiceras* (Cantú–Chapa, 1971) (Ochoa, 1998) en *Léxico Estratigráfico de México* (2007).

El ambiente de depósito ha sido interpretado de diferentes formas por diferentes autores. Aguayo – Camargo (1977) en *Léxico Estratigráfico de México*(2007), interpreta como un ambiente sedimentario marino somero de plataforma con

pendiente suave y cercano a la costa, mientras que en la sección San Antonio, refleja condiciones marinas profundas, de talud con pendiente fuerte, depositada por corrientes de turbidez. Okita (1992) menciona que las evidencias sedimentológicas sugieren que la interface sedimento–agua fue pobre en oxígeno y además de posiblemente pudo tener agua hipersalina. Ochoa 1998, considera que el depósito ocurrió en un ambiente de cuenca, basándose en la presencia de manganeso, relacionando este con la posible comunicación entre la fosa de Huayacocotla y protogolfo de México.

Formación Pimienta.

La localidad tipo se encuentra a 1 km al norte del pueblo Pimienta en el Municipio de Chinampa de Gorostiza, Veracruz. Heim (1926) la definió la unidad como una serie de caliza de estratificación delgada con capas de pedernal negro.

La formación Pimienta se encuentra concordante y transicionalmente sobre la Formación Chipoco, la presencia de pedernal y los pliegues en chevrón dentro de la Formación Pimienta son los criterios utilizados para distinguir la parte inferior de la Formación Pimienta de la parte superior de la Formación Chipoco. Encima se encuentra, en contacto transicional con la formación Tamaulipas Inferior.

En ninguna localidad se ha medido su espesor completo, ya que no aflora su base.

La edad Titoniana se determinó con base en la presencia de amonitas (Cantú – Chapa, 1971) (Ochoa, 1998).

El ambiente de depósito es pelágico (Facies de Cuenca).

Cretácico.

formación Tamaulipas Inferior.

La localidad tipo no se encuentra designada, pero se encuentra reportada en una amplia zona de la sierra de Tamaulipas.

Fue propuesta por Belt (1925), la Formación Tamaulipas Inferior se han designado como calizas de grano fino y color crema grisáceo y crema amarillento en capas mediana y gruesas, con estilolitas bien desarrolladas y paralelos a los planos de estratificación y nódulos irregulares y de forma esferoidal de color castaño oscuro y gris claro; se observan también, algunos cuerpos de calizas clásticas distribuidos en forma irregular.

Con niveles de estratificación lenticular (Boudinada); además de incluir lentes y bandas de pedernal gris oscuro a negro. El color gris en la caliza, refleja la presencia de material bentonítico en las mismas. Pemex, (1988) en Léxico Estratigráfico de México, (2013).

Longoria (1975) en Léxico Estratigráfico de México (2013), sobre la división tripartita de la Caliza Tamaulipas es fácil reconocimiento en la sierra Tamaulipas como un área Tipo.

Regionalmente, la Formación Tamaulipas Inferior tiende a ser más calcárea al occidente, ya que hacia el oriente en el subsuelo, el contenido de arcilla se va incrementando.

La Formación Tamaulipas inferior sobreyace transicional y concordantemente a la Formación Pimienta en el subsuelo de la planicie costera del golfo de México en la cuenca mesozoica Tampico-Misantla, y de la misma manera a la Formación Taraises hacia el norte de la cuenca mesozoica del Centro de México. Subyace en forma concordante al Horizonte Otates y a la Formación La Peña.

Los máximos espesores medidos de la Formación Tamaulipas Inferior, los reporta Rodríguez Santamaría –Orozco et al, (1972) en Léxico Estratigráfico de México, (2013) en el estado de Nuevo León, en la región del Tigre en donde se tienen 652 m, 632 m al sur de La Escondida.

Se ha reportado edad del Necomiano temprano–Berremiano, Burckhardt (1930); Berriasiano-Aptiano inferior, Castro y Martínez (1977), Martínez y Bello (1977); Hauteriviano–Aptiano tardío, Longoria (1975).

Con base en las microfacies y tipo de fósiles, generalmente de tipo pelágico, y de acuerdo a Castro y Martínez (1977), Martínez y Bello (1977), y Bello (1978) en Léxico Estratigráfico de México (2013), la Formación Tamaulipas se depositó en un ambiente marino somero de alta energía para la parte inferior de la unidad, ya que, todavía existían remanentes topográficos del Jurásico, los cuales formaban cinturones litorales alrededor de las islas que incidían en el ambiente de depósito. Sin embargo, la parte superior de la unidad se considera de plataforma interna–externa con baja energía.

Horizonte San Juan de Otates

Es nombrada usualmente como Horizonte o caliza Otates. Su localidad tipo se encuentra en el Cañón de Otates, situado entre los 250 y 300 metros río arriba de la porción más oriental del Cañón de la Borrega, en la sierra de Tamaulipas, Tamaulipas, México.

Carrillo (1961) en *Léxico Estratigráfico de México* (2013) Describe en el cañón de Otates “una secuencia de caliza arcillosa, carbonosa y marga arenosa – carbonosa de color gris oscuro a negro, en estratos que varían de 2 a 20 cm de espesor, se observan algunos lentes de pedernal negro y despiden fuerte olor fétido al fracturarlas.

Muir (1936) en *Léxico Estratigráfico de México* (2013) establece a sugerencia de Burckhardt la división tripartita de la informal Caliza Tamaulipas de Stephenson (1922) en: Tamaulipas Inferior (Neocomiano inferior – Aptiano) y Tamaulipas Superior (Albiano–Cenomaniano), quedando en consecuencia el Horizonte Otates entre ambas unidades.

La edad estimada es del, Aptiano Medio–Superior, Pemex (1988), en *Léxico Estratigráfico de México* (2013).

Los espesores reportados se encuentran generalmente entre unos cuantos centímetros hasta los 25 metros, pero en general, esta unidad pocas veces pasa de los 10 metros de espesor.

Generalmente, esta unidad yace en forma concordante sobre la Formación Tamaulipas Inferior, y sobreyacida de igual manera por la formación Tamaulipas Superior

El horizonte Otates constituye un depósito de mares de baja energía y fauna pelágica. Se depositó en un ambiente de cuenca intraplatafórmica.

No puede ser considerada una formación, ya que por su espesor y extensión reducida no puede ser cartografiable, aunque se trate de cartografiar por medio de líneas.

formación Tamaulipas Superior.

Inicialmente estas rocas eran parte de lo que Stephenson (1992) en Muir (1936), denominó caliza Tamaulipas en un informe privado para la *Gulf Oil Company*. Muir (1936) divide la Caliza Tamaulipas en tres unidades independientes; Tamaulipas Superior (Albiano–Cenomaniano), Tamaulipas Inferior (Necomiano inferior–Aptiano) y Horizonte Otates.

Inicialmente se reporta en una gran zona de distribución dentro de la Sierra de Tamaulipas, pero no se establece formalmente una localidad tipo específica. Por su parte Muir (1936) designa al cañón de la Borrega como sección tipo de la Caliza Tamaulipas Superior.

Se trata de calizas compactas de grano fino, con una esterificación bien marcada, contiene un gran número de lentes y nódulos de pedernal de forma irregular, se puede presentar con alternancias de calizas arcillosas de capas delgadas y margas

de capas laminares, y en algunas áreas se identifica con intercalaciones laminares de lutitas, margas y en algunas otros lugares con bentonita. Se ha encontrado estructuras tipo Budinage.

De acuerdo con personal de PEMEX (1998), y Carrasco–Velázquez et al (2008), el espesor de la unidad varia de 60 a 400 m y 130 m respectivamente.

Se encuentra en contacto inferior concordante con la Formación Tamaulipas Inferior, subyace discordantemente a la Formación Agua Nueva Carrillo-Bravo (1961); sin embargo, Personal de Pemex 1988, Santamaría et al (1991), Carrizales–Aguilar et al (2001) y Romo Ramírez et al (2010), refieren el contacto Tamaulipas Superior–Agua Nueva como concordante. Está en contacto por cambio de Facies con la Formación Tamabra.

Es una Formación con un alto contenido de foraminíferos bentónicos, planctónicos, calcissferulidos, tintinidos y nanoconidos Santamaría et al (1991) en Léxico Estratigráfico de México (2013).

Con base en diferentes reportes se considera para esta unidad una edad de Cretácico Temprano (Albiano)–Cretácico Tardío (Cenomaniano), Léxico Estratigráfico de México (2013).

Se ha interpretado un ambiente de depósito de origen marino, de facies infraneríticas, con aguas de circulación libre, de mar abierto, con aguas profundas y cierto grado de estabilidad, donde la presencia de pedernal marca la continuidad

de una mayor concentración de sílice, y existe un aporte moderado de material terrígeno.

Formación El Abra.

Estas rocas fueron originalmente incluidas en lo que Bosè denominó Caliza Tamasopo (1906 en Smith, 1986) denominó Caliza Tamasopo. El término Caliza El Abra fue originalmente utilizado por Garfias (1915) y aplicado por primera vez por Power (1925) en Carillo–Bravo, (1971) para las calizas de los campos petroleros de la Faja de Oro.

Fue formalmente elevada a la categoría de formación por Kellum (1930) en Carrasco (1970), posteriormente Muir (1936) separa en dos facies; la Facies Taninul y la Facies El Abra. Suter (1990) incluye dentro de la Formación El Abra, independiente de su edad, a las facies El Abra (interior de la plataforma) y Taninul (borde de la plataforma).

Bonet (1963) en Aguayo–Camargo (1975), considera que las facies de banco calcáreo de la Formación El Doctor son semejantes en litología, elementos faunales y Paleoecología, a la Formación El Abra. Finalmente, Carrasco (1970) menciona que no existe diferencia en la litología de las formaciones El Abra y El Doctor; asimismo agrega que la Formación El Abra fue depositada en una plataforma extensa, por lo que no se justifica usar dos nombres formacionales, por lo que propone abandonar el nombre de Formación El Doctor y usar únicamente el nombre de Formación El Abra para las rocas depositadas en la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

La localidad Tipo se encuentra en la estación El Abra, a lo largo del ferrocarril nacional, alrededor de 9 km al este de Ciudad Valles, San Luis Potosí, Aguayo-Camargo, (1975).

Aguayo-Camargo (1975) menciona que el miembro El Abra consiste de mudstone de color crema a gris interstratificado con wackestone bien estratificado con estratos de 1 a 5 m de espesor, todos ricos en miliolidos y capas estromatolíticas y otros organismos bentónicos como gasterópodos, pelecípodos, ostrácodos, mientras que el miembro Taninul consiste de bancos de rudistas asociados con mudstone, wackestone y packstone.

Carrasco-Velázquez (1971) propone un modelo de sedimentación, en el cual, divide a la Formación El Abra en litofacies que son; marginal de plataforma, arrecifal, pellas con miliolidos, pellas con menos del 5% de miliolidos, oolítica, calcárea de supramarea, dolomía penecontemporanea, dolomía de remplazamiento y erosión Karstica.

Carrillo-Bravo (1971) menciona que la facies Taninul probablemente excede los 2,000 m; mientras que para la facies El Abra registra una variedad de espesores que varían de 90 a 2,000 m.

Las Rocas arrecifales (Facies Taninul) subyacen discordantemente a la formación San Felipe, y se encuentra cubierta discordantemente por margas de la Formación Méndez. Carrasco-Velázquez (1977) realiza una correlación con afloramientos en C. Victoria R. Guayalejo, Xilitla y Metztitlán, en el cual hace notar que la Formación El Abra, sobreyace a el Horizonte Otates y subyace a la Formación

Agua Nueva. Además Se encuentra en cambio de Facies con la Formación Tamabra y Tamaulipas Superior.

Esta unidad está ampliamente distribuida en la Plataforma Valles- San Luis Potosí, la Faja de Oro (Carrillo–Bravo, 1971) y en algunas partes del estado de Querétaro Pichardo y Aguilar-Pérez, (2001) en *Léxico Estratigráfico de México*, (2009).

Esta unidad ha sido generalmente incluida dentro de un rango entre Albiano – Cenomaniano con base en la Presencia de foraminíferos de los géneros *Dictoconous*, *Orbitolina*, Bonet (1963) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009).

Aguayo-Camargo (1998) menciona que El Abra en su localidad tipo es un complejo arrecifal depositado en el margen este de la plataforma Valles-San Luis Potosí, y agrega que esta unidad es definida por dos grandes ambientes sedimentarios: 1) arrecife de rudistas (“foreslopereef y shelf-edgereef”) y 2) post-arrecife (“near-back reef-lagoon, tidal-flat lagoon y lagoon”) estas fueron reconocidas por medio de su posición estratigráfica lateral, litofacies, biofacies, estructuras sedimentarias primarias y patrones diagenéticos. Basáñez et al (1993) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009) mencionan que esta formación consiste de tres ambientes deposicionales: arrecifal, lagunar y laguna evaporítica.

Se ha correlacionado con la Formación Morelos.

Formación Tamabra

El nombre Tamabra proviene de la unión de las primeras tres letras de Tamaulipas y de todo el nombre de Abra y fue propuesto por Heim (1940), para definir el conjunto de facies calcáreas en la zona de transición entre la Plataforma Valles – San Luis potosí y la cuenca situada al oriente de la plataforma.

En la actualidad se utiliza el termino Tamabra, para los depósitos de talud de la plataforma carbonatada.

En su definición Heim (1940), describe las sucesiones que afloran en las cercanías de Ciudad victoria; sin embargo no especifica ninguna de ellas como su localidad tipo.

Esta unidad está constituida de intercalaciones de algunos metros de espesor de mudstone y wackestone en capas delgadas y medias, laminada, de color gris oscuro, las cuales tienen pequeños lentes, nódulos y delgadas capas de pedernal; igualmente interestratificados se encuentran horizontes delgados a gruesos de grainstone y packstone los cuales muestran una gradación normal, un tercer tipo de depósito interestratificado consiste en secuencias compuestas por capas gruesas a masivas de color gris claro de floastone y rudstone. (López – Doncel, (2003).

En la porción central del margen occidental de la Plataforma Valles–San Luis Potosí. López- Doncel (2003), registra espesores de 37, 69, 84 y 120 m.

Relaciones estratigráficas subyace a la Formación Agua nueva y sobreyace a la Formación Tamaulipas en la Sierra Madre Oriental. Barnetche y Illing, (1956) en López- Doncel (2003).

López-Ramos (1979) en Léxico Estratigráfico de México (2013) menciona que presenta prácticamente el mismo conjunto de rudistas que la Formación El Abra.

Se le ha considerado una edad por diversos autores que va desde el Aptiano– Campaniano.

Barboza–Gudiño et al (2001) interpreta que la formación Tamabra, pertenece a la zona de transición entre la plataforma y cuenca, ubicado en el talud de la plataforma, por lo que se supone, fue depositada sobre el mismo talud a profundidades a diferentes niveles de este evidenciando un relieve.

Se ha correlacionado con las Formaciones El Doctor, Cuesta del Cura, López–Doncel (1979) y el Abra.

Formación Agua Nueva

Inicialmente estas rocas fueron asignadas a la Formación San Felipe de Jeffreys (1910) en Muir (1936). Stephenson (1922) en Muir (1936) separa la parte inferior de la formación San Felipe y propone el nombre de Formación Agua Nueva.

La Localidad tipo se encuentra en el Cañón de la Borrega, cerca del Rancho Agua Nueva, en la Sierra de Tamaulipas.

Se presenta como una caliza criptocristalina y microcristalina, compacta y ligeramente arcillosa; presenta capas de lutita negra laminada, bentonita verde claro y nódulos de pedernal negro; la caliza llega a presentar pigmentos verdes, posiblemente por la presencia de glauconita.

Se reporta un espesor muy variable dependiendo de la región en la que se encuentre, en la región de Pilcuatla y Molango, Hidalgo se reportan espesores de 129 m y 120 m, respectivamente.

Suprayace a la Formación el Abra, además en algunos afloramientos descansa en concordancia sobre la Formación Tamaulipas Superior, su contacto superior es gradual con la Formación San Felipe.

Carrillo–Bravo (1971) reporta en la base contiene escasas escamas y dientes de peces y Blanco–Piñon et al (2005) reportan partes de un tiburón lamniforme, dentro de la micro fauna se encontraron foraminíferos.

Se propone un ambiente de depósito, en un ambiente nerítico, cerca de una fuente de material terrígeno, en una variación de plataforma externa a cuenca, por el contenido de bentonita, se propone actividad volcánica contemporáneo correspondiente al arco magmático del Pacífico.

De manera general la edad que se le ha asignado a esta unidad es Turoniano, Carrillo – Bravo (1971).

Formación San Felipe

El primero en estudiar esta secuencia, aplicando el término de “Formación San Felipe” en un reporte geológico de la American Gulf Oil Company. Posteriormente Muir (1936) propuso formalmente esta unidad.

La Formación San Felipe consiste en caliza arcillosa en estratos delgados a muy delgados de color gris claro a verde, con frecuentes intercalaciones de lutita calcárea y lutita bentónica de colores verde y amarillo grisáceo, se han reportado la presencia de algunas capas de arenisca de estratificación delgada, lo que muestra una tendencia a incrementar los terrígenos hacia la cima de la secuencia.

Por el contenido paleontológico y sus relaciones estratigráficas se le ha asignado una edad del Coniciano–Santoniano.

Se ha reportado un espesor que varía desde los 6 m a los 250 m.

Infrayace concordantemente a la Formación Méndez; y sobreyace de igual forma a la Formación Agua Nueva.

Se depositó en un ambiente de Plataforma externa y cuenca intraplatafórmica; y la presencia de horizontes bentónicos indican vulcanismo del arco magmático del occidente, contemporáneo al depósito.

Formación Méndez

Jeffreys (1910) en Palmer (1927) fue el primer autor en nombrar esta unidad como lutita Méndez para las rocas que sobreyace a la Formación San Felipe. Su localidad

tipo se encuentra ubicada a 300 m al este de la estación Méndez, en el estado de Veracruz, sobre el ferrocarril Tampico–San Luis Potosí Carrillo–Bravo (1971).

Es un depósito uniforme de lutita de varios metros de espesores, con borde interno arcilloso a semi-margoso; en capas medianas y gruesas, que con frecuencia alternan con capas delgadas de bentonita blanca.

Muir (1936) menciona que el espesor de la Formación Méndez es muy irregular, y reporta espesores desde los 300 m a 1,000 m, Carrillo-Bravo (1971).

En la Cuenca de Tampico–Misantla subyace a la Formación El Abra, Pemex, (1988) en Léxico Estratigráfico de México (2007). El límite inferior de manera general es transicional y concordante con la Formación San Felipe, PEMEX (1988), en Léxico Estratigráfico de México (2007).

En la región de Metztitlán se encuentra en contacto por medio de las Cabalgaduras Tlamaxa y Coalquixque, con la Formación Tamaulipas Superior.

Subyace a la Formación Atotonilco el Grande.

Esta unidad contiene abundante contenido fósil de foraminíferos.

Carrillo – Bravo (1971) propone la edad de Campaniano–Maastrichtiano con base en su contenido faunístico y posición estratigráfica.

Las pequeñas marcas de corriente, gradación, laminación y convolutas sugieren, que son depósitos turbidíticos distales a lo largo del flanco este de la Sierra El Abra, Aguayo–Camargo y Kanamori (1976). Carrillo–Bravo (1971) indica que los

sedimentos de esta unidad fueron depositados en mares abiertos, con profundidades considerables.

Se correlaciona con la Formación Mezcala, con la Formación Caracol, con la parte superior de la Formación Cárdenas.

Paleógeno y Neógeno

formación Metztlán.

Existen diferentes estudios en la región de Metztlán en el cual se nombra una roca de litología similar o muy parecida a la Formación Metztlán. Hernández- Treviño et al (1991) nombra informalmente a una secuencia de conglomerados continentales, constituidos por clastos de caliza y algunos de pedernal, como formación Metztlán. Posteriormente Carrasco–Velázquez et al (2008), nombran formalmente a la Formación Metztlán, estudiando tres secciones: Sección Santuario de las Cactáceas, Sección Rincón y Sección Salitre.

Se propone como localidad tipo de la Formación Metztlán al afloramiento del Santuario de las Cactáceas sobre la carretera a Metztlán, a 60 m al sur de la caseta de vigilancia con rumbo a San Juan Metztlán.

Su litología se compone de un conglomerado de color rojizo oxidado, se presentan tres asociaciones mayores de facies sedimentarias cíclicas, llamadas unidades sedimentarias 1 a 3; caracterizadas por una mala selección del tamaño de los clastos (matriz limosa o granulosa) y por su engrosamiento estratigráfico a partir de su base (3.00, 5.7' y 8.40 m, respectivamente).

No se observa imbricación de los clastos, los cuales son angulares a subangulares, y algunos subredondeados, otros se encuentran partidos a la mitad, no hay ninguna orientación preferente de los alargados. Presenta gradación inversa, de finos en la base y gruesos hacia la cima, variando el tamaño de limos y granos (2–4 mm), hasta el de los bloques (0.4 m).

La composición de los clastos es de caliza y pedernal, de los cuales se cree proceden de la Formación Tamaulipas Superior.

Los clastos se encuentran en una matriz limosa–arenosa (< 2 mm) en parte granulosa (2 a 4 mm), con una composición similar a la de los cantos y bloques y con una coloración rojiza a café rojiza, no presenta estructuras sedimentarias definidas, aunque se puede observar cierta alineación, discontinua sin formar laminación.

En la sección del salitre los clastos son de fragmentos de basaltos de olivino y piroxenos, cloritizados y de color gris oscuro, bien redondeados, con una esfericidad de forma discoidal – alargada, de tamaños variables, van de guijarros a bloques. Los clastos de la base se encuentran en contacto entre ellos y los superiores se encuentran suspendidos en una matriz limo-arenosa calcárea de color amarillo. Hacia arriba desaparecen los fragmentos de roca ígnea, y continúan con estratos limo arenoso y clastos calcáreos.

Se calcula un espesor de la secuencia con clastos calcáreos de 3.0 m y el de los clastos ígneos de 1.60 m.

La edad de la Formación Metztlán se ha calculado con base en el método de datación por K-Ar y por estudio palinoestratigráfico, en el cual según estos datos, se ha calculado una edad de Neógeno–Plioceno temprano.

El ambiente de depósito es debido a un mecanismo de abanico aluvial, el más frecuente es por la incorporación de sedimentos coluviales (detritos de roca y suelo acumulados al pie de talud), en los que se incorpora rápidamente agua y aire dando lugar al inicio de su desplazamiento y consecuentemente al flujo de escombros. La alta densidad, el vigor del flujo, las fuerzas dispersivas y de empuje hacia arriba, propician que las partículas de mayor tamaño (bloques) se concentren en la parte superior del flujo en su frente y en los flancos.

Hernández–Treviño (1991) correlaciona lo que llamo Formación Metztlán con la Formación el Morro.

Formación Atotonilco El Grande

Segstrom (1961) realiza la primera descripción de esta formación, no establece alguna localidad tipo, según el Léxico Estratigráfico de México (2009) se considera una unidad informal.

La formación Atotonilco El Grande incluye depósitos clásticos y lentes de caliza lacustre ampliamente dispersos, los cuales se encuentran cubiertos o intercalados localmente por corrientes de basaltos y cuya abundancia es mayor que en la formación Tarango; característicamente que permite separar a estas dos unidades.

Esta formación está constituida hacia su base por depósitos gruesos, que gradúan a arenisca en la parte media y cima de la unidad, con algunas intercalaciones limo-arenosas, así como estratos tabulares con laminación paralela, los cuales contienen frecuentemente fósiles. Salvador-Flores (2001) y Arellano-Gil et al. (2005) mencionan una variada litología como parte de esta formación, entre las que se encuentran conglomerados, grauvacas líticas, litarenitas, limolitas, lutitas limosas, margas y depósitos volcánicos (ceniza).

Segestrom (1961) reposta un espesor para esta formación aproximado de 500 y 600 m.

Arellano–Gil et al (2005) mencionan que esta unidad sobreyace de manera discordante sobre las unidades del Grupo Pachuca y subyace a rocas piroclásticas y basaltos que forman mesas morfológicamente bien conservadas.

Los depósitos de esta unidad se habrían acumulado después del cierre temporal del río Amajac, con lo que habría formado un lago de agua dulce que cubrió en tiempos de máxima inundación, una superficie de aproximadamente 85 km². En esta primera etapa de sedimentación se habría depositado un conglomerado de origen fluvial. Después de este proceso se habría iniciado el proceso de sedimentación lacustre, acumulándose en la zona del depocentro más de 150 m de espesor de sedimentos detríticos y piroclásticos de diferente granulometría, se infiere que el clima templado, con altas precipitaciones pluviales, Arellano–Gil et al (2005).

Inicialmente, Segerstrom (1961) infiere de acuerdo a relaciones estratigráficas una edad del Plioceno, Kowalllis et al (1998) en Léxico Estratigráfico de México

(2009) con base en la técnica de huellas de fisión (fission-track) en Circón, estima una edad de 4.2 ± 0.3 m.a. (equivalente al Zancleano).

formación Tarango.

La Formación Tarango fue denominada como Formación por Bryan (1948). La localidad tipo se encuentra a 4 Km al suroeste de Mixcoac, en unas minas de arena que existían en dicho lugar.

La formación está constituida por toba, brecha-toba, depósitos fluviales con clastos de origen volcánico y capas delgadas de pumicita.

Cervantes-Medel y Armienta (2004) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009) describen de manera detallada la litología de esta unidad en el Valle del Mezquital (Hidalgo), donde está constituida por: 1) arenisca y conglomerado pobremente cementados, con un espesor máximo de 5 m; 2) arenisca pobremente cementada y arcilla intercaladas con un espesor de 7 m; 3) capas de arcilla que en su conjunto alcanzan un espesor de 10-50 m; 4) algunas capas de basalto intercaladas con unidades detríticas cuyo espesor alcanza 150 m; 5) lentes de conglomerado poco compactados de aproximadamente 1 m de espesor; 6) lentes aislados de caliza; 7) lentes delgados de ceniza volcánica y toba y 8) nódulos de caliche o capas delgadas de material heterogéneo.

En El área de Ixmiquilpan-Tasquillo donde los depósitos clásticos de la formación Tarango pueden verse en escarpes, Segerstrom (1962) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009) estima un espesor total de 400 m.

Cervantes–Medel y Armienta (2004) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009), mencionan que los depósitos de la Formación Tarango sobreyace discordantemente a rocas carbonatas de edad Cretácico. Su límite no ha sido documentado.

En su contenido paleontológico, se han documentado en el área de Actopan (Hidalgo) fragmentos de caballos, mastodontes, mamuts y liebres.

La edad asignada a esta formación es del Plioceno–Pleistoceno SGM (2003).

Pablo–Galán et al (2001, 2002) en *Léxico Estratigráfico de México* (2009) mencionan que esta unidad representa depósitos fluviales.

Se ha correlacionado con edad con la formación Atotonilco El Grande.

Tectónica

Hernández–Treviño *et al* (1991) reconoce dos estilos de deformación principales, el primero se caracteriza por pliegues y fallas inversas; el segundo por un sistema de fallas normales.

Para el área de Metztitlán postula las siguientes fases de deformación.

- a) Una fase compresiva Permo-Triásica asociada a la integración de Pangea.
- b) Una Fase distensiva tipo “rift” que fragmento la corteza continental triásica y genero el Aulacogeno de Huayacocotla hacia el triásico tardío.
- c) Una fase tectónica distensiva que disloco a la región según fallas normales y de desplazamiento lateral, hacia finales del Jurásico Temprano–inicio del Jurásico Medio.

- d) Una fase compresiva del paleógeno que genero pliegues y cabalgaduras.
- e) Una fase distensiva con un campo de esfuerzos en sentido Sudoeste-Noreste ocurrido en el Neógeno.

Evolución de la Plataforma Actopan

La evolución geológica se da a partir de la integración de Pangea, ya a finales del triásico tardío, se desarrolla un proceso de fragmentación continental, dando lugar a la formación del Aulacogeno, Smith Effing (1980), Amos Salvador (1987), Hernández-Treviño (1991). Dominio en el que se estableció primero sedimentación continental y posteriormente marina, en el lapso Triásico Tardío-Jurásico temprano, la sedimentación culmino probablemente por una fase distensiva que provoco una dislocación y posteriormente su denudación conforme se denudo el área se restableció la sedimentación, en el marco de una transgresión marina se poniente a oriente evidenciada por la presencia de los cuerpos calcareníticos Tepéxic del Calloviano, Hernández Treviño (1991).

La transgresión continuo y hacia el Cretácico temprano, en la región, únicamente preexistía una pequeña porción positiva, la cual aportaba sedimentos clásticos. En el resto del área, ocurrieron sedimentos clásticos. En el resto del área ocurrió una sedimentación calcárea en el marco de una subsidencia por la presencia de facies de aguas profundas. Hernández-Treviño (1991), Para el Albiano–Cenomaniano se estableció una sedimentación de plataforma en el sector occidental posiblemente en dos cuerpos arrecifales separados por un surco de aguas profundas. Mientras que en oriente, ocurría sedimentación calcárea de facies cada vez más profundas,

Hernández-Treviño (1991).

En el Turoniano, regionalmente se restringieron los desarrollos arrecifales, se desarrolló una acumulación Flysch en el poniente. Se acumularon secuencias calcáreas primero arcillosas en un ambiente euxinico, después con aporte de piroclastos y al final un Flysch pelítico.

La región estuvo sometida a una fase compresiva en el paleógeno en cuyo marco se acumuló la secuencia Flysch Chicontepec en el cambio marino que aún prevalecía en el sector oriental. Penecontemporaneamente, se desarrollaron depósitos continentales sin o postorogénicos en el poniente. Esta fase compresiva Yuxtapuso a la secuencia de la Plataforma Valles San Luis Potosí sobre las rocas del Anticlinorio Huayacocotla tal como se presenta a lo largo de la traza de la cabalgadura Metztlán.

En el Neógeno, ocurrieron una fase distensiva que disloca las estructuras laramídicas; la acumulación de rocas volcánicas de diversos tipos.

CAPITULO V GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Ubicación

La zona de estudio se encuentra en el Municipio de Meztlán el Estado de Hidalgo, su acceso es por la carretera federal núm. 105, desviándose en el kilómetro 60 y puente de Venados a 81 kilómetros de la ciudad de Pachuca y a 175 kilómetros del D.F. Limita al Oriente con los municipios de San Agustín Mezquititlán y Zacualtipán de Ángeles; al noreste con Xochicoatlán, norte con Eloxochitlán y Molango de Escamilla, al poniente con Cardonal, al sur con Actopan y Atotonilco el Grande, y al suroeste con Santiago de Anaya.

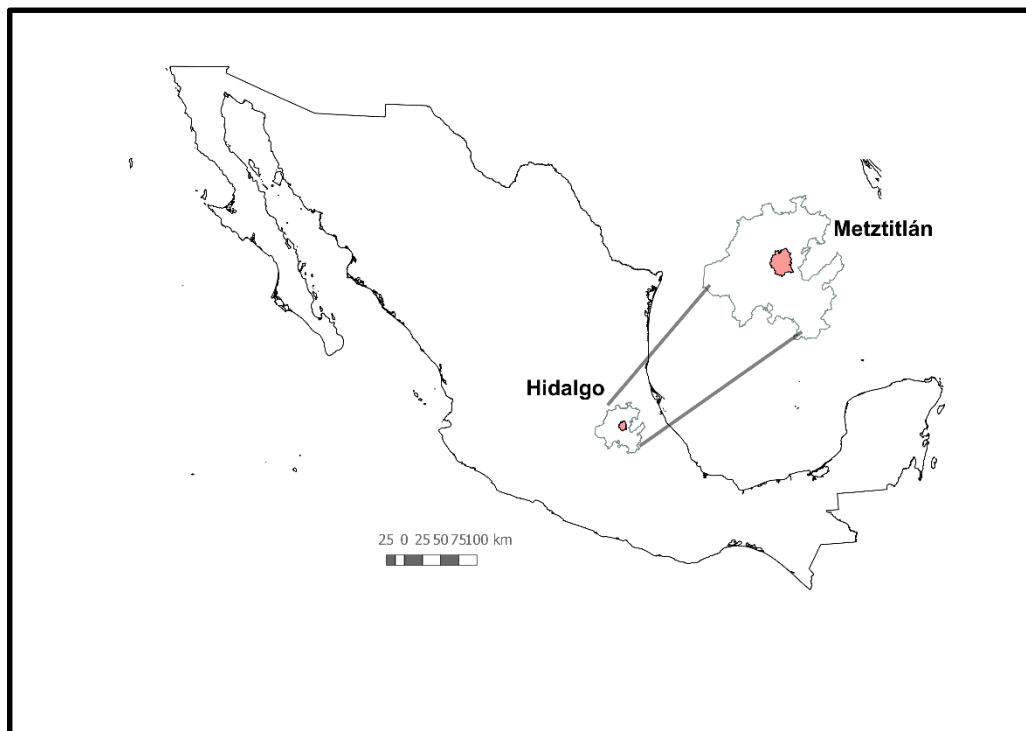


Figura 14 Croquis de ubicación del municipio de Meztlán.

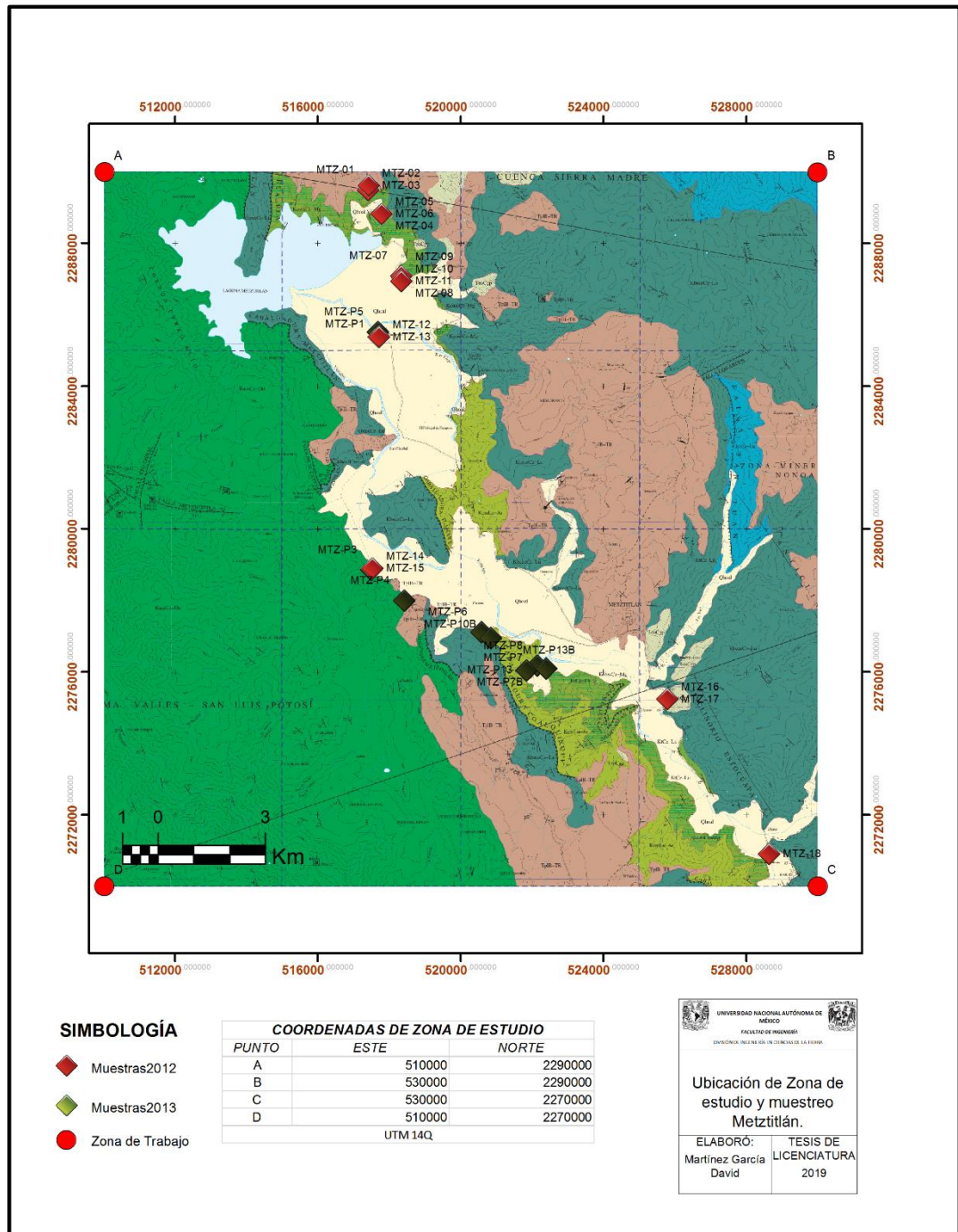


Figura 15 Mapa de ubicación de zona de estudio y muestreo, basado en Carta F14-D61 de SGM. 2003.

Fisiografía

Meztitlán cubre una superficie de 799.163 Km², ocupa el 3.85% del territorio del estado de Hidalgo, cuenta con una población de 21 623 habitantes según el Censo de Población y Vivienda 2010, y SEDESOL (2014) la ubica como un municipio con alto grado de marginación. Las Principales Localidades se encuentran Fontezuelas, El Pirú Tepetzotlán, San Cristóbal, Tlatepexe, Tlaxco, Zoquizoquipan y Meztitlán, siendo esta última población cabecera municipal y la que cuenta con mayor población.

La zona agrícola de Meztitlán con una superficie aproximada de 4,366 km² se encuentra bien conformada geográficamente, se encuentra dentro de las Provincias Fisiográficas de la Sierra Madre Oriental (94.0%) y el Eje Neovolcánico (6.0%) donde se encuentran las Subprovincias del Karts Huasteco (94 %) y Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo (6.0%).

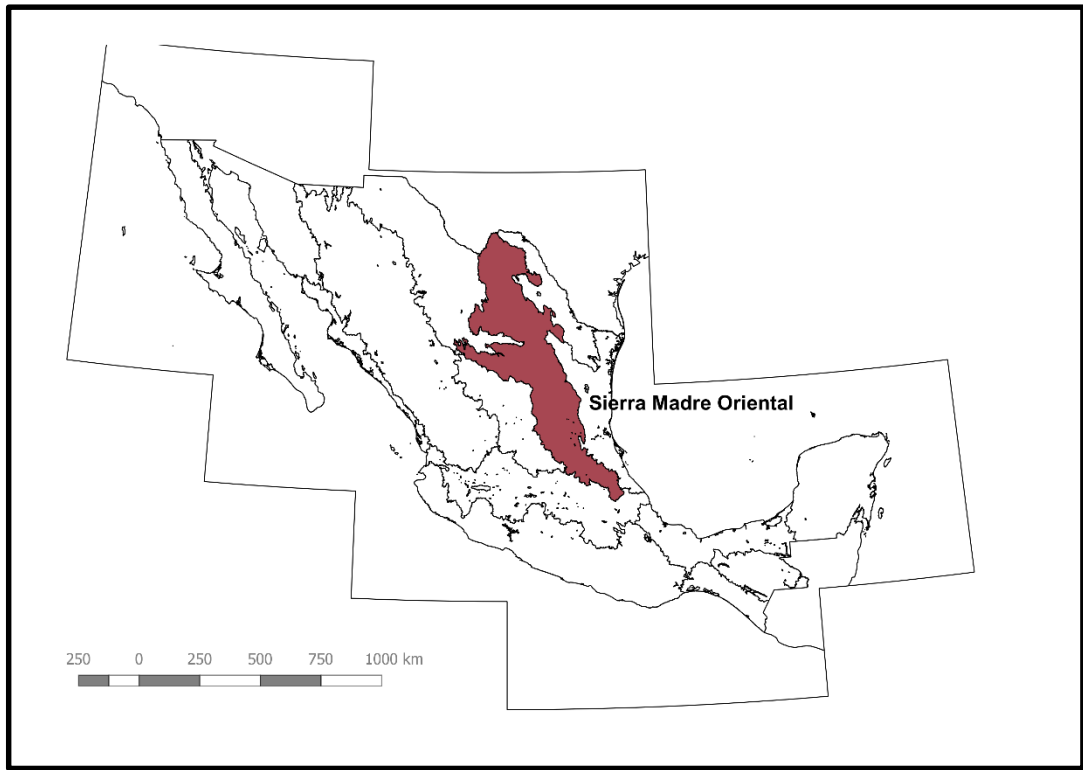


Figura 16 Sierra Madre Oriental, en mapa de provincias fisiográficas.

Hidrografía.

Se encuentra en la región hidrológica del Pánuco y pertenece a la cuenca del río Moctezuma. Los principales ríos son Río Mezquitlán, Río Amajac, Río Los Hules. Cuenta con corrientes los Perennes (Continuos) e Intermitentes. Perennes: Amajac, Almolon, Malila, Panotlan, El rincón, Venados (Río Grande) y Viejo. Intermitentes: La Candelaria, La cañada, Chilaco, Jiliapan, La Luna, El Mingun, Papaxtla, El Piñonal, EL salto, Seco, Tezisco, Tiza, Xhate y Zazatipan. Estas corrientes forman drenajes del tipo dendrítico.

Un rasgo Hidrológico importante es la Laguna de Meztitlán de aproximadamente 6 Km de largo y en su parte más ancha 3.5 Km, se encuentra al NW de la Población de Meztitlán Hgo.

Geomorfología.

Dentro de los rasgos Geomorfológicos predominantes se encuentra Sierra (61 %), Cañón (19.0%), Meseta (19.0%) y Llanura (1.0 %). Se encuentran entre los principales cerros:

El Cerro Pericón al W de Meztitlán con una elevación de 2100 msnm y Cerro Las Plazuelas y Cerro Blanco con 2500 msnm ubicados al NE de Meztitlán .La cota más baja es de 1300 msnm.

Geología Estructural

En la zona de Metztlán es muy evidente observar los efectos que diversos fenómenos de deformación actúan sobre las rocas sedimentarias Mesozoicas, la mayor parte se asocia como consecuencia de la deformación Laramide. Hernández–Treviño et al (1991) reconoce dos estilos de deformación principales, el primero de carácter compresivo que se caracteriza por pliegues y fallas inversas, el segundo debido a una fase distensiva que formó un sistema de fallas normales. Colinas de Buen en García-Arizaga (1996) propone la segunda fase de deformación en el Mioceno y Plioceno representada por Fallas normales y Fracturas orientadas al ENE-WSW, provocando un fallamiento en bloques dislocados y escalonados.

La deformación dúctil-frágil se observa en las rocas sedimentarias, representada por pliegues y cabalgaduras. Los pliegues son de tipo chevron, recostados y cónicos

de magnitud variable formando anticlinorios y sinclinorios, los cuales tienen una orientación axial hacia el NNW. SGM (2003).

Tabla 2 Estructuras Sinclinales y Anticlinales en la zona de Metztlán (SGM, 2003).

ESTRUCTURA	LONGITUD	ORIENTA- CIÓN	FLANCOS	OBSERVACIONES
Sinclinorio Estocuapa	4.5 Km	NW 30° SE	28° - 40°	Conformado por pliegues menores de tipo Chevron, rodilla y simétricos.
Anticlinorio Tezochuca	6.5 Km	NW 30° SE	-----	Conformado por pliegues secundarios tipos chevron, rodilla, recumbentes y simétricos.
Sinclinal Camarones	10 Km	NS	20° - 35°	Tipo Cónico, con deflexiones NW y SW, presente un cierre periclinal hacia el sur.

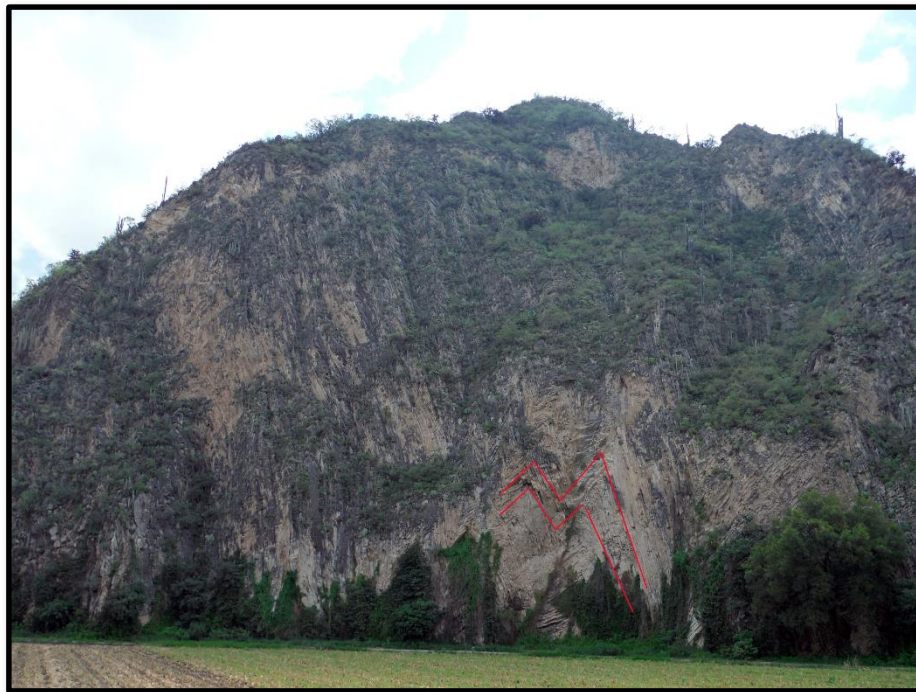


Figura 17 Pliegues tipo Chevron en formación Tamaulipas, ubicados en Puente Jihuico, Metztlán Hgo.

Las cabalgaduras se concentran en los márgenes de la plataforma, paralela al

contacto entre plataforma y cuenca, muestran una orientación preferencial NWSE. La cabalgadura Metztitlán es la que abarca mayor longitud, aproximadamente 30 km., García-Arizaga (1996).

Tabla 3 Principales Cabalgaduras en Zona de Metztitlán. (SGM, 2003).

CABALGADADURA	FORMACIONES QUE PONE EN CONTACTO
Metztitlán	Tamaulipas / Abra
Hualula	Tamaulipas / San Felipe
Tlamaxa	Tamaulipas / Méndez
Colaquiisque	Tamaulipas / Méndez



Figura 18 Vista desde el cerro Tlacotepec, hacia el NW. Donde se puede apreciar Cabalgaduras. 1) Cabalgadura Metztitlán. 2) Cabalgadura Hualula.

La mayoría de las fallas están concentradas en la secuencia de plataforma,

representada por fallas normales y laterales, las más importantes son:

Tabla 4 Fallas geológicas en zona de Metztitlán.

Estructura	Orientación/ Inclinación	Longitud (Km)	Tipo de Falla
Falla Metznoztla	NW 85 °SE/ 50 SW	2.5	_____
Falla Barranca Grande	NE 65°SW / 81 SE	1.5	_____
Falla Chachnal	NE 20° SW / 80° NW	2.7	Normal con componente lateral derecha
Falla San Juan	NE 18 ° SW / 70° NW	5.2	Normal

Estudios geológicos previos en el área de estudio

Wilson et al. (1955) realizaron un trabajo estratigráfico en el que se propone el nombre de Caliza El Doctor, a un complejo calizo en el distrito minero del mismo nombre, y lo dividen en cuatro facies. Dichos autores también mencionaron una secuencia calcáreo-arcillosa a la que denominan Formación Soyatal.

Segerstrom (1961) realizó un estudio estratigráfico-estructural de las porciones suroeste y noreste de los estados de Hidalgo y México respectivamente. La secuencia estratigráfica que reporta, abarca desde el Jurásico Superior hasta el Reciente. Este autor reconoció seis unidades sedimentarias mesozoicas y una del Terciario, también define a las formaciones Las Trancas y Santuario. Dentro de las rocas ígneas define al Grupo Pachuca y la Toba Don Guinyó. Además, este representa el primer informe que reporta la presencia de la Formación Soyatal en los alrededores del área de trabajo.

Fries (1962) realizó la cartografía de la Hoja Pachuca 14 Q-e (11). La columna estratigráfica que reportó, va desde el Cretácico Medio hasta el Reciente, correspondiendo a las formaciones sedimentarias (El Doctor, Soyatal, Cuautla y Mexcala), a las formaciones continentales (Grupo El Morro, Tarango y Aluvión) y al Grupo Pachuca, Toba Donguinyó, Formación Zumate, Formación San Cristóbal, Formación Atotonilco El Grande y Rocas Volcánicas Máficas del Cuaternario como unidades volcánicas.

Carrillo-Bravo (1969-1971) Realiza un extenso estudio de la PVSLP, determina sus límites, la estratigrafía, su geología estructural, evolución geológica y describe su importancia económica.

Carrasco (1969) realiza la descripción de una brecha de depósito muestreada en la Barranca de Cozapa situada a 5 km al Oeste de Metztlán, Hgo., como parte de un estudio estratigráfico del Cretácico Inferior y Medio del área de Metztlán, Hgo. En 1970 hace una revisión de la nomenclatura de los términos de Formación el Abra y Formación El Doctor, determinando que las rocas carbonatadas en sus diferentes litofacies de Metztlán corresponden a la Formación el Abra. En Carrasco (1971) Fija los límites aproximados de la Plataforma de Actopan. En 1977 realiza un estudio de los sedimentos submarinos Autóctonos y Alóctonos del Albiano del borde este de la Plataforma Valles –San Luis Potosí, estudiando 3 zonas; Río Guayalejo, Xilitla y Metztlán. Describe los diferentes modelos de sedimentación del Albiano en estos lugares.

Carrillo-Martínez (1981) revisa las relaciones estratigráficas entre las Formaciones que se encuentran en el macizo calcáreo El doctor en el estado de Querétaro, La Formación el Doctor de composición calcárea y donde describe 4 litofacies en la predominan los Miliólidos y cabalga a la Formación Soyatal de composición terrígena.

Hernández Treviño (1991) Realiza el estudio donde propone el nombre de una nueva Formación compuesta por un conglomerado a la que llamo informalmente Formación Metztlán.

En 2003 el Servicio Geológico Mexicano (SGM), publica la Carta Geológica Minera F14-D61 Metztlán, Hgo., comprendida entre las coordenadas geográficas 20° 30' a 20° 45' de latitud norte y de 98° 40' a 99° 00' longitud oeste, cubriendo una superficie de 962 Km². En su texto explicativo menciona desde el Jurásico Superior al cuaternario.

Suter (2004), Investiga una avalancha prehistórica formada catastróficamente, caracterizada por un alcance horizontal de 2600 m y una caída vertical de 860 m, la cual cubrió un área de 2.5 km², con un volumen de 0.6 Km³ y con espesores de hasta 400 m en el Valle. La avalancha taponeo al río Meztlán. La edad estimada de la avalancha es de 500 a 1100 Años, y se originaron por dos fallas normales regionales del Cenozoico, orientadas Este–Oeste e inclinadas hacia el Sur, estas fallas siguen siendo activas.

Carrasco, et al (2004), realizó un estudio sobre el Paleokarst Cretácico en la Plataforma de Actopan, en el cual pudo determinar la posición del paleo-nivel

freático y la zona vadosa los cuales ayudaron a propiciar la formación del antiguo Karst durante su exposición sub-aérea en el Albiano, encontró las distintas brechas que fueron formadas por el paleokarst, sin encontrar el límite entre el Paleokarst y su cubierta. En 2008, propone y define una nueva unidad litoestratigráfica, formación Metztlán, proponiendo como localidad tipo el afloramiento del Santuario de las Cactáceas en Metztlán.

CAPITULO VI PETROGRAFÍA

Metodología.

Para este trabajo se realizaron las siguientes actividades.

- Toma de muestras por alumnos de la materia Petrología Sedimentaria, semestres 2012-1 (zona NE de carta F14-D61) y semestres 2012-2 (zona SW de carta F14-D61). Ver mapa figura 15.
- Elaboración de láminas delgadas en laboratorio Petroanálisis S.A. De C.V.
- Estudio con la técnica analítica de Petrografía.
- Recopilación sobre trabajos previos en el área.
- Organización y depuración de información obtenida en campo, por los dos grupos de petrología sedimentaria.
- Análisis de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y Mapeo, principalmente en software libre QGIS 2.14.
- Revisión en campo de puntos de toma de muestra y puntos de interés.
- Análisis de resultados.
- Realización de trabajo escrito.

Preparado de muestras.

Las láminas delgadas son secciones de roca de un espesor de 0.03 [mm] y unas dimensiones aproximadas de 5 [cm] de largo por 3 [cm] de ancho, que se pegan sobre un vidrio y se cubren también con una lámina de vidrio más delgado. Piedad Franco (2000).

Técnica analítica de Petrografía.

Se utilizó la técnica analítica de petrografía, aplicando luz paralela y luz polarizada (nicoses cruzados), que consiste en el análisis microscópico de una sección delgada realizada a material de origen pétreo, para la identificación mineral y características

texturales que se presentan con respecto a las fases minerales y matriz de la roca, en base a estas características poder realizar su clasificación. El análisis se realizó a muestras, con claves: MTZ para las muestras recolectadas en 2012 y MTZ-P para las muestras recolectadas en 2013. Se elaboró una sección delgada de las muestras.

El estudio petrográfico consistió de los siguientes pasos:

- a) Descripción megascópica de la roca o material, en ejemplar de mano, empleando un ocular de 10x. Clasificación de muestras de mano, En rocas carbonatas conforme el contenido de lodo y fósiles. Dunham (1962). En Rocas ígneas, se observa el color, textura, estructuras y composición.
- b) Toma de fotografías de muestras de mano con escala visual.
- c) Análisis y descripción de la lámina delgada empleando el microscopio petrográfico (descripción microscópica), marca Carl Zeiss PRIMOTECH. Toma de fotomicrografías de campos representativos, con objetivo de 5X, 10X, 20X, 50X, en todos los casos se tomaron fotomicrografías con luz paralela y nicols cruzados (mediante la utilización de software KS-300 analizador de imágenes, marca Carl Zeiss).

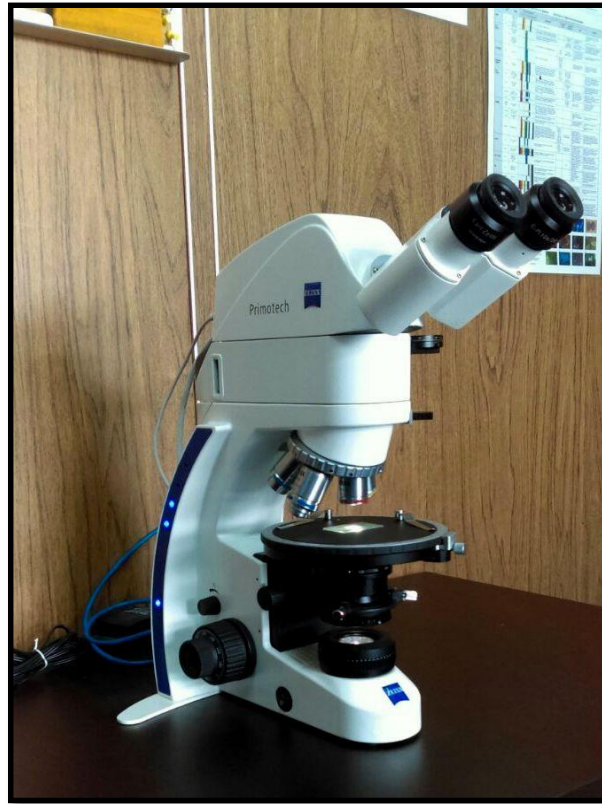


Figura 19 Microscopio Petrográfico Carl Zeiss.

En el estudio de láminas delgadas se analizan los siguientes datos en microscopio Petrográfico dependiendo del tipo de litología.

Tabla 5 Características a describir petrográficamente en rocas ígneas.

DATOS	CARACTERÍSTICAS A REPORTAR
NECESARIOS	
Clasificación Química	<ul style="list-style-type: none"> • Ácida • Básica
Grado de Cristalinidad	<ul style="list-style-type: none"> • Holocristalina • Hipocristalina • Holohialina

Fabrica	<ul style="list-style-type: none"> • Equigranular • Inequigranular • Intercrecimiento • Microlíticos • Hialinas
Texturas	<ul style="list-style-type: none"> • Ver Tabla (mencionar tabla de texturas)
Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Amígdalas Vesículas Esferulitas
Componentes mineralógicos	<ul style="list-style-type: none"> Mineral Forma Tamaño de grano Microtextura Tipo de maclas Zoneamiento Estimación visual modal, con carta comparativa de Schafer 1969

Tabla 6 Características a describir petrográficamente en rocas carbonatadas.

DATOS NECESARIOS	CARACTERÍSTICAS A REPORTAR
Matriz	<ul style="list-style-type: none"> • Micrita • Tamaño • Porcentaje
Esparíta	<ul style="list-style-type: none"> • Esparíta • Origen • Composición • Tamaño • Forma de cristales • Subestrato
Aloquímicos	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación

Conservación	<ul style="list-style-type: none"> • Rotos • Deformados
Porosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Contactos entre ellos • Familia o tipo • Estimación visual con cartas comparativas de Bossellini 1965 • Tamaño y variación de poro • Forma • Isotropía • Tamaño de los accesos • Tipo de acuerdo a Choquette y Pray, 1970
Información obtenida	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de formación • Esquema de Facies de Wilson , 1975 • Edad • Formación • Clasificación de acuerdo a Folk, 1959, 1962

d) Toma de microfotografías con la App Matscope para sistema operativo iOS, el cual se encuentra en comunicación vía wifi con el Microscopio.



Figura 20 Interfaz de aplicación Matscope.

e) Registro de fotos con formula:

Clave de Muestra - Objetivo de microscopio - Tipo de luz (LP= Luz Paralela,

Nx = Nicoles Cruzados) - Numero de Foto.

**Resultados del estudio petrográfico.
formación Tamaulipas superior.**

Aptiano–Albiano.

Las muestras que pertenecen a esta formación son: MTZ-17, MTZ-18, MTZ-P6 Y MTZ-P10B. Las descripciones de cada una de ellas pueden ser consultadas en el Anexo.

En general estas rocas son lodosoportada, microcristalinas, de color gris con tonalidades claras y presenta una coloración castaño pardo (crema) con tonalidades anaranjadas como respuesta a la intemperie, en algunas zonas, en la parte fresca, es posible observar manchones oscuros en otras se pueden observar microfósiles, ichnofosiles.



Figura 21 Superficie de la formación Tamaulipas, en el recuadro rojo se pueden observar ichnofisiles.

Se depositaron en estratos gruesos bien definidos, con abundantes lentes de pedernal irregulares, sobre todo en la zona oriental (MTZ-17 y MTZ-18) en ellas se puede observar intercalaciones intermitentes con bentonita, las muestras que se encuentran en contacto con la Formación El Abra (MTZ-P6 y MTZ-P10B) tiene un mayor contenido de arcillas. Presentan en la superficie evidencia de disolución y en algunas oquedades están rellenas por óxidos e hidróxidos de Fe.



Figura 22 Estratos de la formación Tamaulipas, las zonas oscuras corresponde a lentes de pedernal.

Las rocas han sido muy deformadas y se pueden observar diversos pliegues, mantiene una estratificación marcada, intercalada con arcilla y lentes de pedernal.



Figura 23 Vista de afloramiento de la formación Tamaulipas donde se puede observar la estratificación y deformación.

Las muestras clasificadas en campo de acuerdo a los criterios de Dunham (1962) van desde Mudstone a Wackstone.

Descripción petrográfica de la formación Tamaulipas

Las láminas delgadas analizadas corresponden a rocas de origen bioquímico, de textura psamítica, en general se observa una matriz micrítica con presencia de pseudoespatita en la cual se encuentran flotando aloquímicos, en el caso de las calciesferas algunas se encuentran en contacto tangencial. Se pueden observar abundantes vetillas rellenas por calcita y algunas estilolitas.

Dentro de los microfósiles reconocidos en estas muestras se encuentran Foraminíferos, Calciesferas, algunos titínidos y espículas.

Son cementadas principalmente por calcita pero en algunas muestras se pudo observar aragonito.

En la cartografía F14- D61 del SGM (2003), no se hace distinción de la formación Tamaulipas superior y Tamaulipas inferior, y son representadas como una misma unidad. A partir de los datos obtenidos en las muestras y por el análisis petrográfico, podríamos sugerir que se trata de la formación Tamaulipas Superior, corresponde también con la propuesta hecha por Carrasco, de que la formación Tamaulipas superior equivale a las brechas de la Formación Tamabra.

La acción de la disolución es mayor en la margen más cercana a La Formación El Abra.

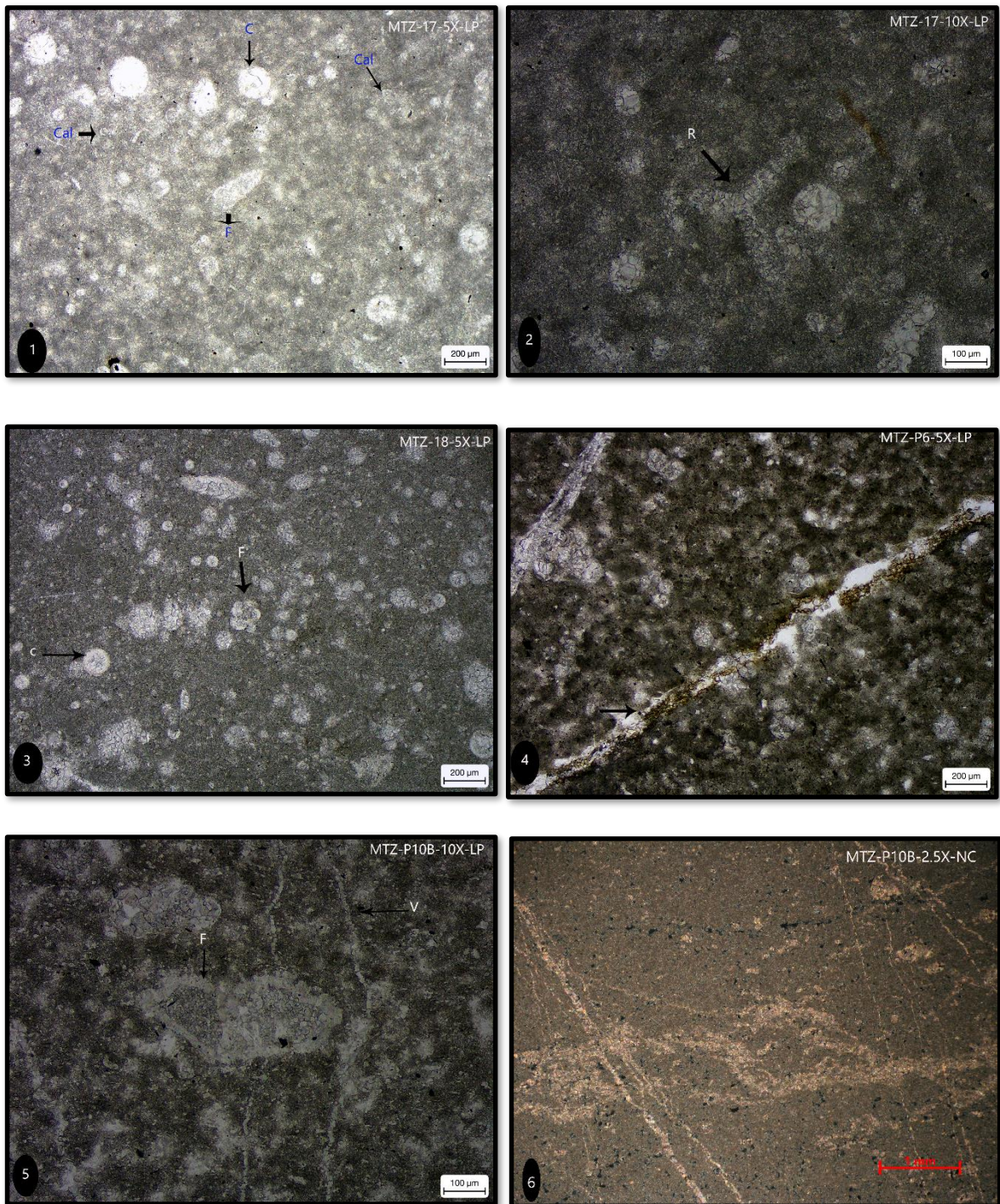


Figura 24 Fotomicrografías de la formación Tamaulipas. 1) Se puede observar calciesferas (C), algunas deformadas y/o rotas, Foraminíferos (F) *heterohelix* y Calpionélidos (cal). 2) Radiolario (R) recrystalizado por Esparíta, aún conserva su morfología 3) foraminíferos (F) *Globotruncana* y calciesferas (C). 4) Presencia de arcillas relleno de fracturas 5) Foraminíferos (F) *Globotruncana* en corte axial y Vetillas (V), se puede observar que el foraminífero corta la vetilla. (v) 6) Fabrica fenestral, es posible observar vetillas rellenas de calcita.

Formación El Abra.

Albiano–Cenomaniano.

Las muestras que se han identificado pertenecen a esta formación son las muestras etiquetadas como MTZ-15 y MTZ-P3.

Esta formación ha sido estudiada por Carrasco (1971) en la zona de Metztitlán, en donde pudo identificar 11 litofacies, asociadas a la Plataforma Actopan. La muestra MTZ-15 se ha identificado perteneciente a la Litofacies de pellets con menos de 5 % de miliólidos y la MTZ-P3 con la litofacies bioclástica.

En la roca se observa un color gris claro con tonalidades castañas al intemperismo y color gris clara con motes oscuros en zona fresca. Presenta una textura granosoportada, se pueden apreciar micro vetillas de calcita. La superficie de la roca muestra evidencia de disolución tipo piel de elefante. Contiene una cantidad importante de fósiles Bivalvos.

Estas rocas fueron clasificadas conforme a Dunham (1962) desde Wackstone a graisntone.



Figura 25 Afloramientos de la Formación el Abra. 1) Erosión tipo piel de elefante. 2) Fósiles de braquiópodos en afloramiento. 3) Fósiles de braquiópodos mejor expuestos.

Descripción Petrográfica de la Formación el Abra.

La roca presenta una textura lodosoportada, no clástica, con componentes psamíticos, mal seleccionados. Los aloquímicos se encuentran en una matriz micrítica y pseudoespatita, el cementante principal es calcita. Se puede observar estructuras “birds eyes” y abundantes vetillas de calcita algunas cortando a los aloquímicos.

Se observan fracturas lo que incrementa su porosidad y algunas vetillas rellenas de calcita.

Los microfósiles que se han podido identificar se encuentran Pellets, Oolitos, Oncolitos, Oncolitos, Foraminíferos, Miliolidos y bivalvos. Como parte de los aloquímicos se encuentran bioclásticos e intraclastos.

La porosidad es baja, la primaria es interpartícula y la porosidad secundaria por fracturas.

Estas rocas han sido clasificadas por Folk (1959, 1962) como bioesparita de bivalvos y pelmicrita de Pellets.

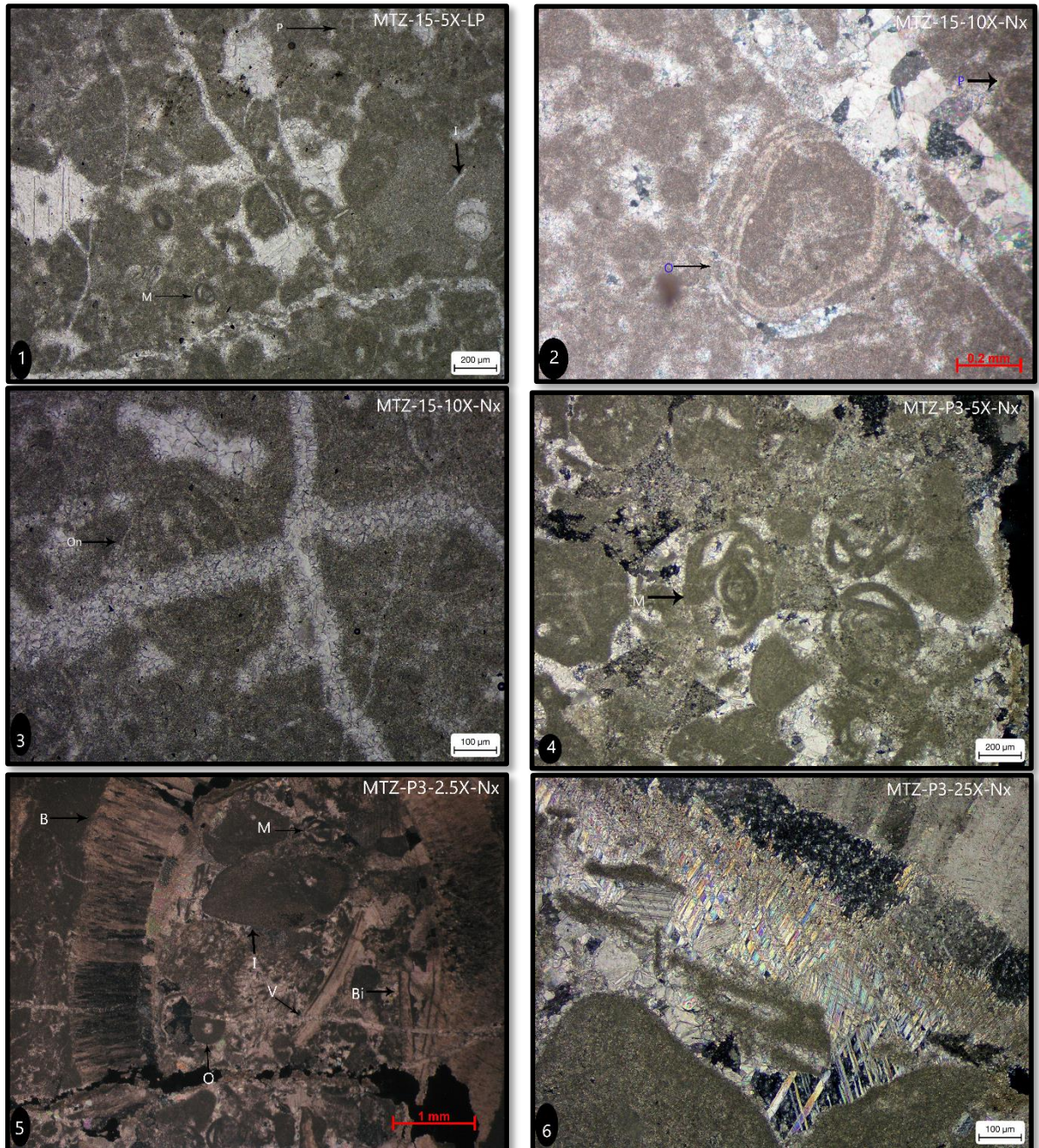


Figura 26 Fotomicrografías de la Formación El Abra 1) Sección delgada compuesta principalmente por pellets, se pueden observar también Miliólidos (M) e Intraclastos (I), y fabrica fenestral (bird eyes), rellena por calcita, también vetillas de calcita rellenas por calcita. 2) Ooide (O) normal de microfábrica tangencial, deformado e incompleto rodeado por una capa de micrita. Se pueden observar también Pelloides y pellets (P). 3) Oncoide (On) deformado y cortado por vetillas rellenas de calcita las cuales se cruzan entre sí. 4) Miliólidos (M) 5) Se observa la valva de un molusco (B), posiblemente braquiópodo, la estructura se encuentra incompleta, pero se encuentran algunos bioclastos (Bi), Intraclastos (I), Oolitos (O) y Miliólidos (M). Las vetillas (V) cortan a los aloquímicos. 6) Muestra de Valva en la que se puede apreciar la composición de calcita y aragonito.

Formación San Felipe.

Conaciano–Santoniano.

Las muestras que se identificaron como parte de la Formación san Felipe, son las muestras MTZ-4, MTZ-5, MTZ-6, MTZ-7, MTZ-8, MTZ-9, MTZ-10, MTZ-11, MTZ-12 y MTZ-P1 (Y la mtz-p5, mtz-3).

Consiste en Mudstones y Wackstone de color gris con tonalidades pardas y gris pardo con tonalidades verdosas en la zona expuesta a la intemperie, abundantes vetillas de calcita, característico visible a escala de afloramiento y en sección delgada.

Por su contenido de arcillas se han clasificado también en margas, dispuestas en estratificación tabular bien marcada, de superficie neta que varía de laminación a estratos gruesos. Las margas se encuentran intercaladas con estratos medios y laminación de bentonita y/o Lutita, de 10 a 20 cm de espesor, son de color verde cuando los cortes son frescos y beige amarillento cuando están intemperizados.

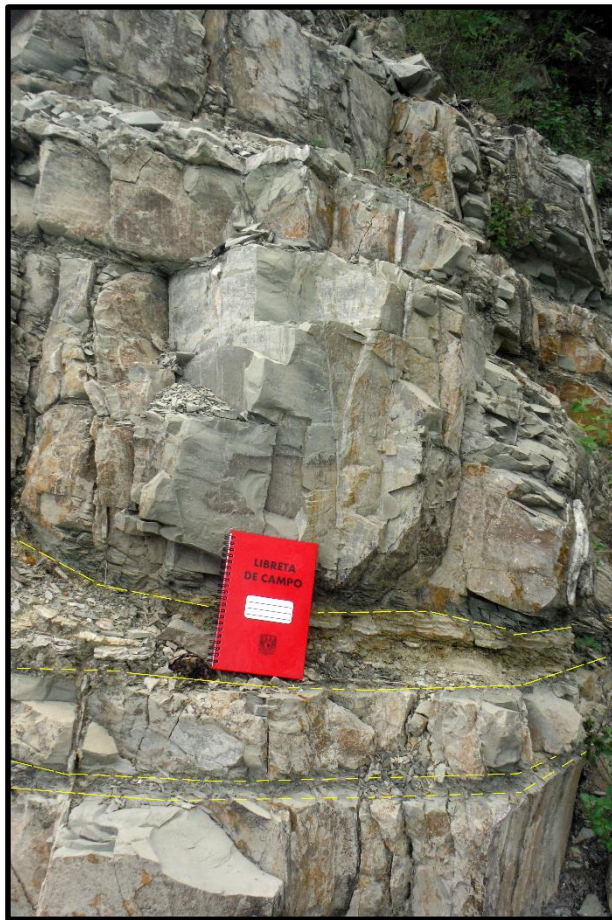


Figura 27 Afloramiento de la Formación San Felipe donde se puede observar la intercalación de caliza con bentonita (delimitada con segmentos de línea amarilla).

Se ha discutido si se trata de intercalaciones de bentonita o si se trata de tobas pertenecientes a la Formación San Felipe, como parte de la actividad volcánica, asociada a arcos magmáticos que se desarrolló penecontemporánea al depósito. En esta área se puede observar el contacto de rocas sedimentarias (margas y calizas arcillosas, con intercalaciones delgadas de bentonita) de la Fm. San Felipe con Tobas de poco espesor.

Se decidió en dividir en microfacies a la Formación San Felipe, en lo que podemos distinguir: Micrita Fosilífera de foraminíferos, Biomicrita de Foraminíferos y Biomicrita con extraclastos, además se identificó Caliche y toba.

MICROFACIES DE MICRITA FOSILIFERA DE FORAMINIFEROS

(MTZ-4, MTZ-6, MTZ-12 y MTZ-P1).

Presentan Matriz micrítica principalmente, con baja presencia de pseudoesparita. Los aloquímicos se encuentran flotando dentro de la matriz, aunque en algunos casos la micrita invade a los aloquímicos. El principal cementante es calcita anhedral que se encuentra en forma de mosaico intrapartícula en los aloquímicos. La proporción volumétrica de los aloquímicos es menor al 10 %. Los aloquímicos que comprenden mayor abundancia son Foraminíferos de los cuales se pudieron distinguir globorotálidos, globigéridos, Globotruncana, Heterohelix y Texturalia.

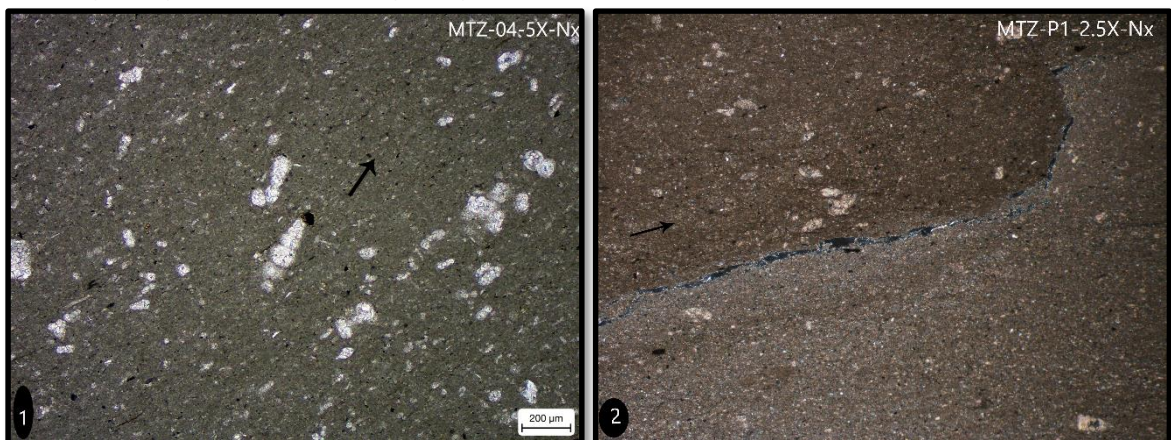


Figura 28 Fotomicrografías de micrita fosilífera de foraminíferos. 1) Foraminíferos bentónicos con orientación. 2) Cambio en orientación, superior a la fractura se encuentran orientados, debajo se puede observar que los elementos no están orientados.

Otros componentes observados en lámina delgada son Calciesferas, bioclastos y Circón.

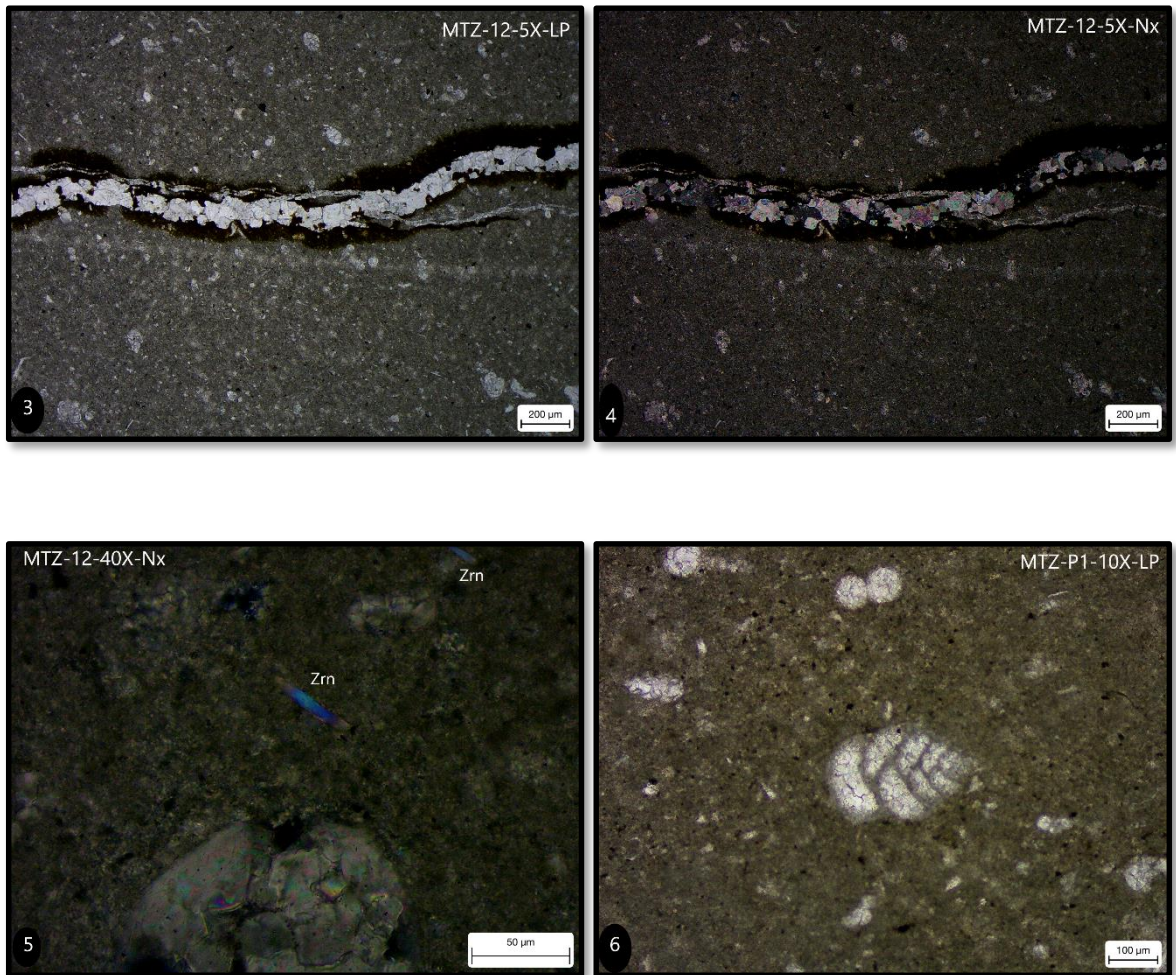


Figura 29 Fotomicrografías de micrita fosilífera de foraminíferos. 3) Fractura rellena de calcita y posiblemente materia orgánica. 4) la muestra del punto 3, en Nicoles cruzados. 5) Presencia de Zircón (Zrn). 6) Foraminífero *Texturalia*.

MICROFACIES BIOMICRITA DE FORAMINÍFEROS

(MTZ-8, MTZ-9 Y MTZ-10)

Matriz micrítica con presencia de pseudoesparita y arcillas dentro de la matriz, el contenido de arcilla va aumentando de la muestra MTZ-6 a la muestra MTZ-10 Se

puede observar que la matriz invade a los aloquímicos. Los aloquímicos comprenden más del 10 % del volumen en la roca. El aloquímico con mayor porcentaje de abundancia son los Foraminíferos del tipo Globotruncana y Praeglobotruncana, en menor proporción se encuentran las calciesferas.

Los contactos entre aloquímicos son flotantes y cóncavos. Se observa calcita en forma de mosaico, relleno las estructuras de aloquímicos, principalmente en las calciesferas donde se puede observar sobrecrecimiento.

Se puede observar laminación de los aloquímicos, denominado lecho heterolítico “Heterolithic bedding”, e indica un entorno deposicional donde fluye la corriente (Flügel, 2004).

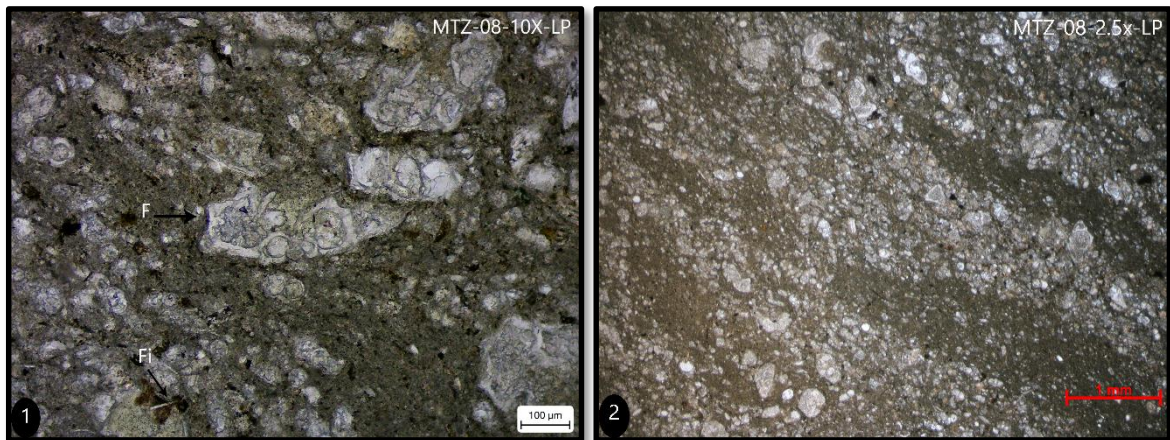


Figura 30 Fotomicrografías de Biomicrita de Foraminíferos. 1) Muestra fauna bentónica, principalmente calciesferas y Foraminíferos (F) Globotruncana y Praeglobotruncana. Se pueden observar también filamentos (Fi) los elementos opacos se han determinado como arcillas. 2) Laminación de “Lecho heterolítico” (Heterolithic bedding).

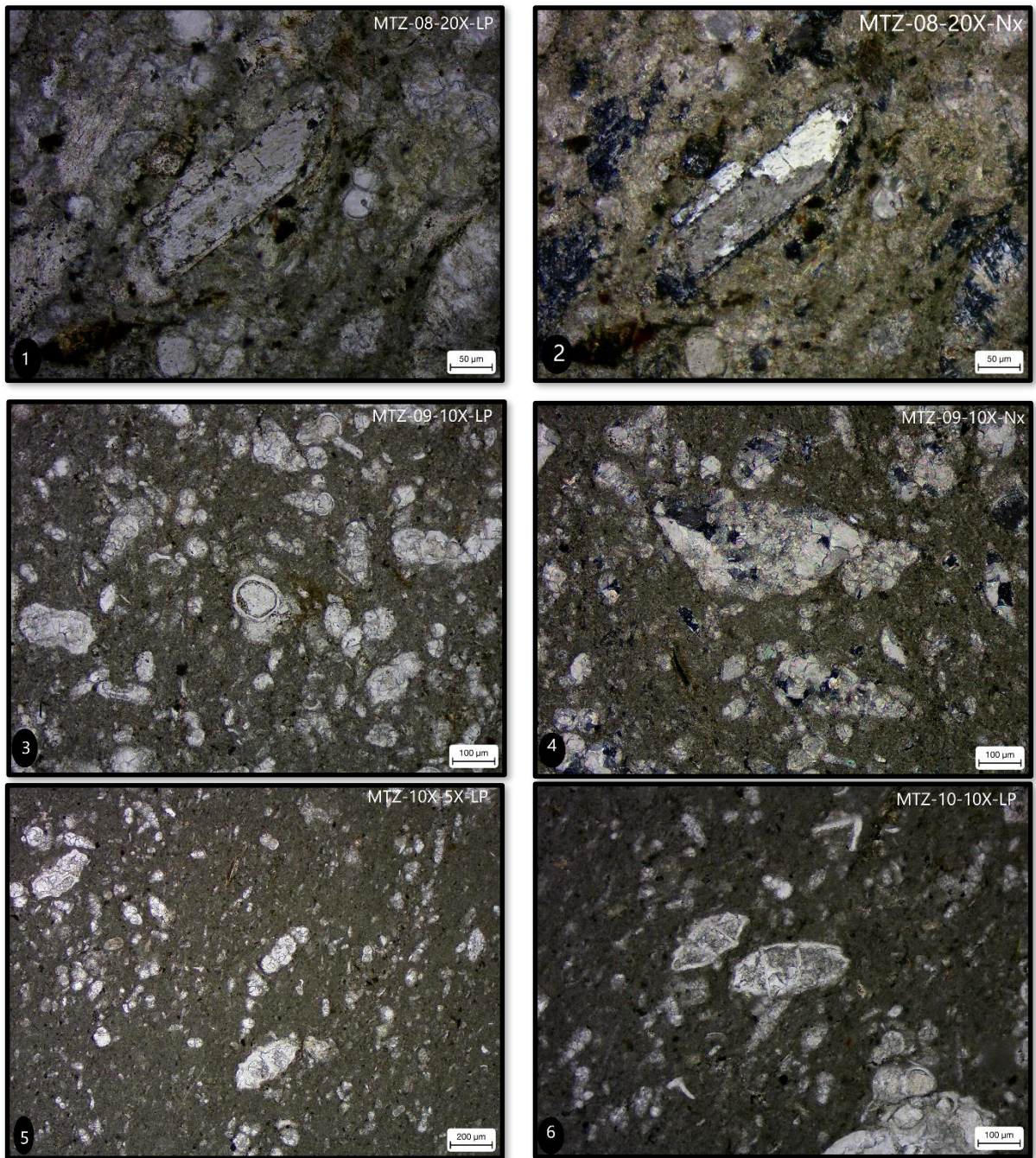


Figura 31 Fotomicrografías de la Biomicrita de Foraminíferos, se observa principalmente Foraminíferos, en matriz también se observan presencia de arcillas Los aloquímicos presentan orientación. 1) Estructura de cristal, posiblemente de Zircón. 2) La muestra 1, con Nx, donde se observa el remplazamiento por Esparíta. 3) Foraminíferos planctónicos (*Heterohelix*, *Globotruncana* y *Globigerina*) 4) Foraminíferos donde se puede observar evidencias de recrystalización, las cuales han eliminado morfología interna de los microfósiles. 5) Foraminíferos en los cuales se puede observar estructuras internas. 6) Foraminíferos *Marginotruncata* en el centro.

MICROFACIES BIOMICRÍTA CON EXTRACLASTOS.

(MTZ-5, MTZ-11).

Aumento de material terrígeno y extraclastos (plagioclasas). Las plagioclasas son reemplazadas por calcita, esta es una característica muy evidente en esta muestra. Se pueden observar moderadamente bien a moderadamente seleccionados. Con presencia de opacos, óxidos y arcillas.

También es posible encontrar fosfatos en aloquímicos rellenando porosidad en aloquímicos del tipo intrapartícula.

La matriz es micrítica y pseudoesparita e invade a los aloquímicos. La pseudoesparita es de origen neomórfico, muy finamente cristalinos.

Los aloquímicos representan más del 10% del volumen de la muestra, y se pueden observar Foraminíferos plantónicos, calciesferas, extraclastos y algunos radiolarios.

Los extraclastos forman el grupo con mayor abundancia, se componen principalmente de; plagioclasa subhedral y angulosa, Agregados cristalinos de calcita anhedral y opacos.

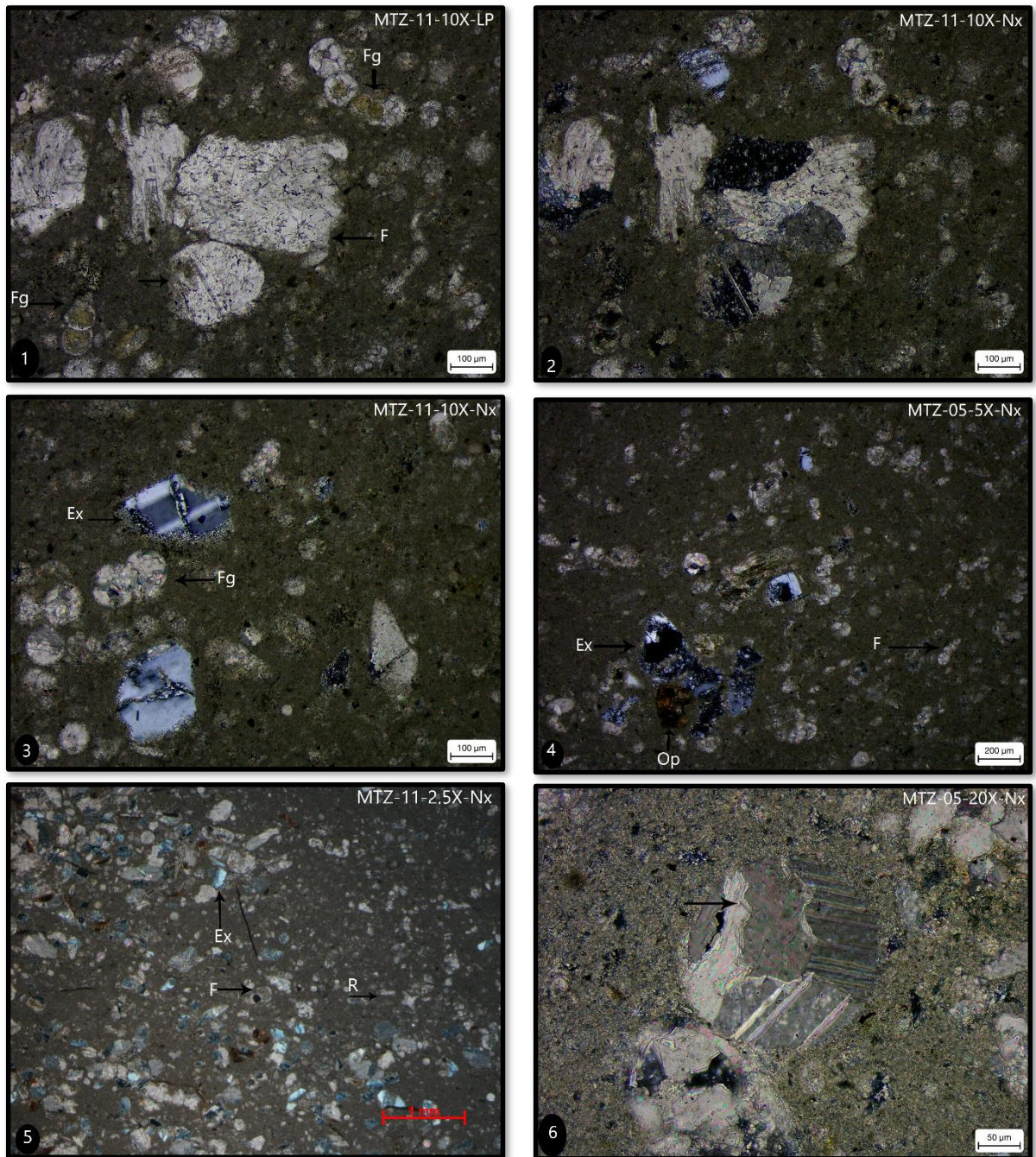


Figura 32 Fotomicrografías de Biomicrita de extraclastos. 1) foraminíferos planctónicos *globigerinos* (Fg) donde se observa porosidad intrapartícula, rellena por fosfatos. Obsérvese también remplazamiento de calciesfera por esparita. 2) Disolución en foraminíferos. 3) Extraclastos (Ex) de feldspatos y foraminíferos *globigerinos*. 4) Disolución en Extraclastos (Ex) con sericita como producto secundario, presencia de Óxidos (Op) y Foraminíferos (F) 5). Extraclastos (Ex), Foraminíferos (F) y Radiolarios (R). 6) Sobrecimiento en calciesfera.

CALICHE.

La sección delgada etiquetada con la clave MTZ-07 muestra esta litología. Microespatita muy finamente cristalina, relleno de poros intrapartícula, presentando un mosaico pervasivo. Se pueden observar motes de micrita.

Está compuesta principalmente de cristales de calcita subhedral y anhedral de textura xenotópica. Se presentan en mosaico y flotando en matriz, estos últimos en angulosos. El contacto entre los cristales es difuso regularmente pero se puede inferir en varios de los casos contactos largos.

Se puede observar también arcilla en motes, flotando en matriz, intrapartícula. De aspecto opaco.

Presenta poros tabulares de 600 μm , formados por brechamiento.

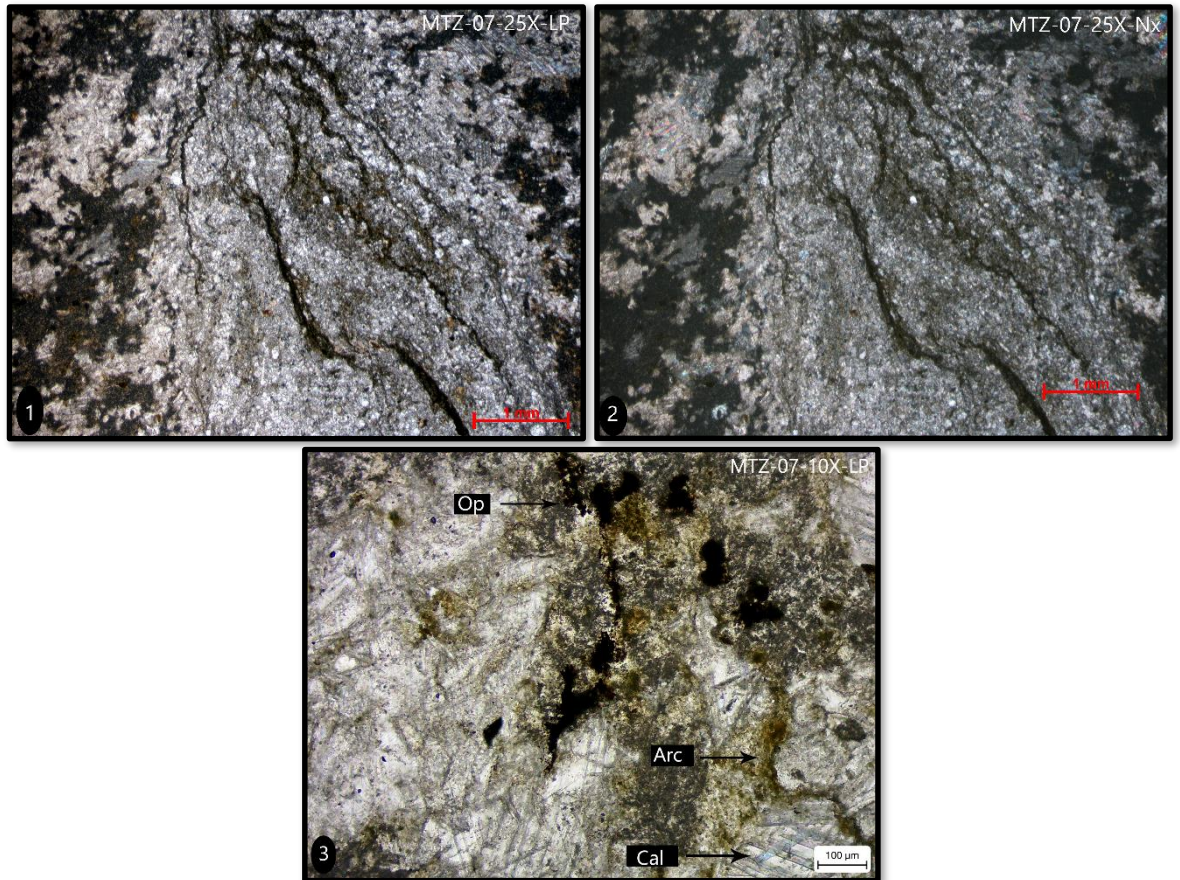


Figura 33 Fotomicrografías de Caliche 1) Caliche en LP. 2) Muestra de caliche observado en Nx. 3) Cristales de Calcita (Cal), Arcillas (Arc) y Opacos (op).

TOBA

La sección delgada etiquetada con la clave MTZ-03 muestra esta litología. Podemos observar una Roca ácida holohialina de textura piroclástica, con matriz de ceniza volcánica. Se vesículas de bordes irregulares, casi en forma ovalada.

Compuesta principalmente de fragmentos líticos de toba y ceniza fina presente como matriz.

Otro componente presente es vidrio con abundante vacuolas criptocristalinas de forma redondeadas y subredondeada.

También es posible observa cuarzo y Sericita microcristalina.

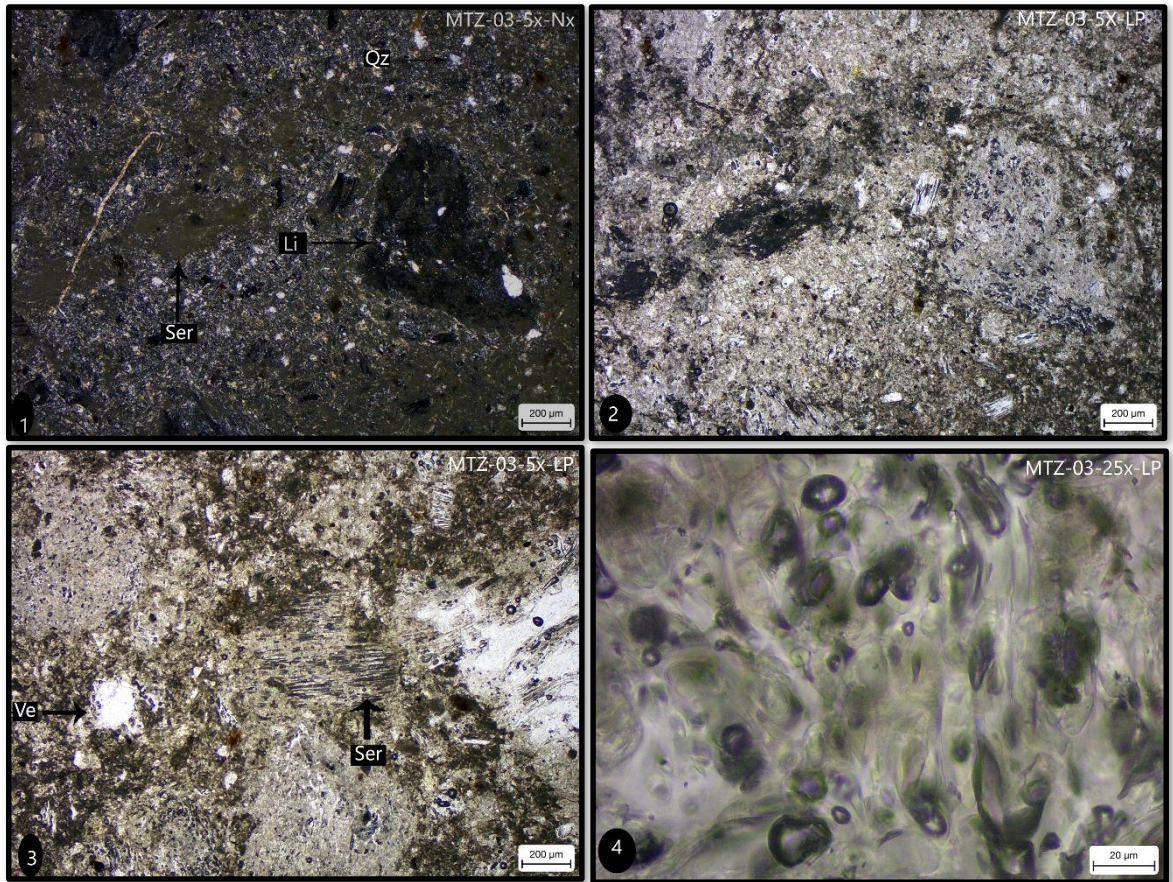


Figura 34 Fotomicrografías de Toba. 1) Fragmentos líticos (Li), sericita (Ser) y Qz. 2) microfotografía 1 en Nx.3) vesículas (Ve) presentes en lámina delgada. Se observa maclas relictas de plagioclasa con sericita (Ser). 4) vacuolas de vidrio.

Formación Méndez.

Campaniano-Maastrichtiano.

Las muestras que mediante analizar sus características, se han determinado forman parte de la Formación Méndez son: MTZ-P7, -MTZ-P7B, MTZ-P8, MTZ-P13, MTZ-13B.

Los afloramientos de esta formación son formados generalmente por caliza con intercalaciones de arcilla y calizas arcillosas, de color negro o gris oscuro en zona expuesta y gris zona fresca. Las rocas presentan fisilidad, con vetillas de calcita.



Figura 35 Afloramiento en Rincón de Coalquixque Hgo, se observa fisilidad en rocas.

También se encontró roca de color gris claro, de mayor competencia en comparación a los demás, de aspecto cristalino (Muestra MTZ-P7B).



Figura 36 Laminación en rocas de la Formación Méndez, con vetillas de calcita.
Se han dividido las muestras con las características petrográficas similares en Microfacies, para su mejor comprensión.

MICROFACIES DE MICRITA FOSILIFERA DE FORAMINIFEROS.

Se puede observar alquímicos inmersos en una matriz minimicrítica y varía el contenido de pseudoesparita, pero en general el contenido de esta es bajo. La matriz no invade a los aloquímicos. Se puede observar lentes delgadas de arcilla próximos a los foraminíferos, la arcilla también se encuentra interpartícula y dispersa en matriz. En la muestra MTZ-P13B se observa estilolitas, se cruzan en un punto y pueden atravesar estructuras.

Los aloquímicos, principalmente de Foraminíferos, componen menos del 10% del volumen de la muestra, Foraminíferos planctónicos (*Globotruncana*, en menor proporción *whinteninella* y *Praeglobotruncana*) Se puede observar bioturbación.

La Porosidad es principalmente intrapartícula, también es posible identificar porosidad del tipo de cavernas, fracturas y vesículas.

Los Contactos entre aloquímicos son tangenciales y flotantes.

El Cementante es de calcita intrapartícula se extiende en la parte externa de los bordes de algunos alquímicos. Se pueden identificar bordes de sobrecrecimiento.

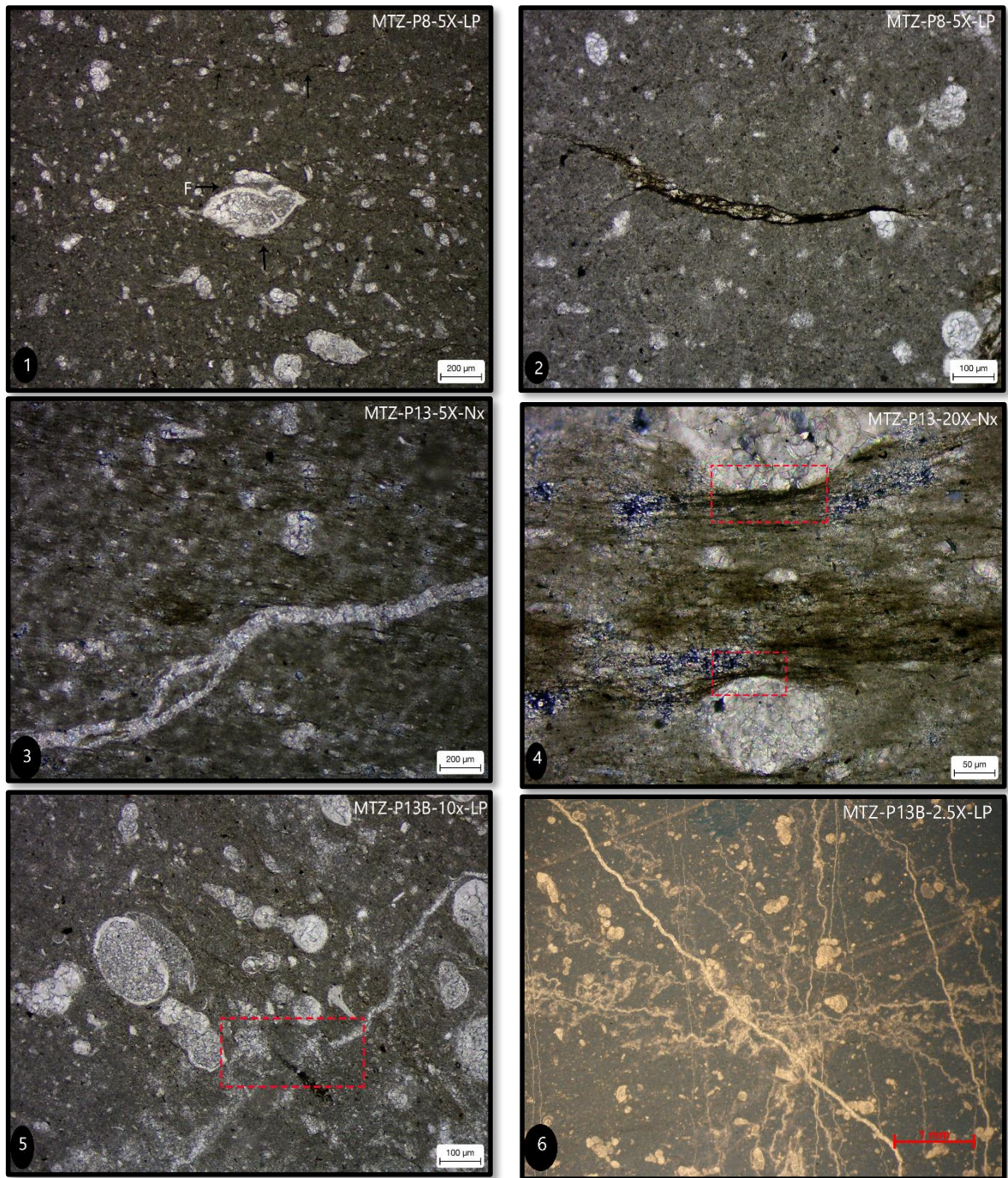


Figura 37 Fotomicrografías de Micrita fosilífera de Foraminíferos de la Formación Méndez. 1) Foraminífero *Globotruncana*, obsérvese también flechas indicando lentes de material arcilloso o posiblemente materia orgánica. 2) vista de relleno de material opaco formando lente. 3) Vetilla de calcita bifurcada puntualmente. 3) laminaciones de opacos (arcillas o materia orgánica), no invaden a los aloquímicos. 4) Discontinuidad de estilolita. 6) Estilolitas.

MICROFACIES DE BIOMICRITA DE FORAMINIFEROS.

Los componentes de la lámina delgada muestran un tamaño psamíticos. Se puede observar Bioturbación. Es posible observa algunas cavidades dentro de la matriz, debido que al momento de la sedimentación los sedimentos no se encontraban consolidados.

La sección delgada muestra una matriz micrítica, con restos de organismos pelágicos mezclada con arcillas y aportes terrígenos.

En la zona donde no se encuentran las bioturbaciones se puede observar orientación de los granos que comprenden la matriz

Los aloquímicos forman más del 10% del volumen de la roca, se pueden distinguir Foraminíferos, calciesferas, bioclastos. Se encuentran contactos tangenciales y flotantes.

Foraminíferos del tipo Globotruncana y Praeglobotruncana, en general se conservan bien, aunque los segundos se observan restos.

Bioclastos se observan de dos maneras, filamentos solo presentes dentro de bioturbación y en forma tabulares. El principal cementante es calcita.

La porosidad es de tipo Interpartícula, Intrapartícula y por cavidades. Debido a la bioturbación puede verse influenciada la porosidad y la permeabilidad.

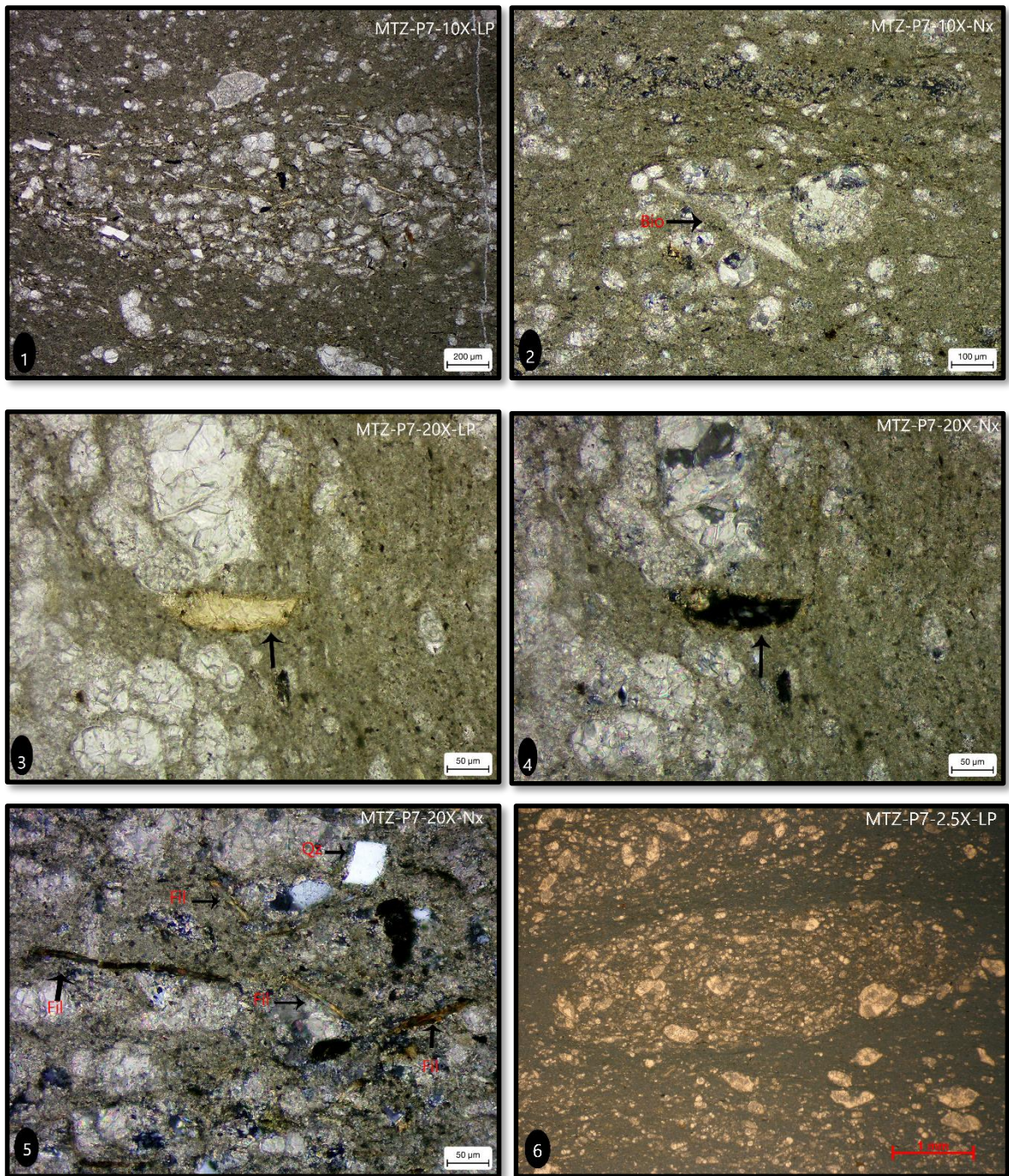


Figura 38 Fotomicrografías de Biomicrita de foraminíferos de la Formación Méndez, compuestas principalmente por foraminíferos planctónicos. 1) Bioturbación, obsérvese el contenido de filamentos dentro de la bioturbación. 2) Bioclastos (Bio) en zona central de sección delgada, en la zona superior se puede observar opacos, posiblemente arcillas.3) Cristal anhedral de Colofano. 4) Sección delgada 3 vista con nicoles cruzados. 5) Filamentos (Fi) posiblemente bioclastos de bivalvos y Cuarzo autógeno (Qz).6) Vista de bioturbación.

METACALIZA

En esta sección delgada se pueden observar las evidencias a la que la roca fue sometida debido a la Cabalgadura Coalquixque. Presenta una textura relíctica, sus componentes son moderadamente seleccionados

Está compuesta principalmente de agregados cristalinos de calcita neomórfica subhedral. Los contactos entre los cristales son suturados.

Se observa abundante arcilla en matriz.

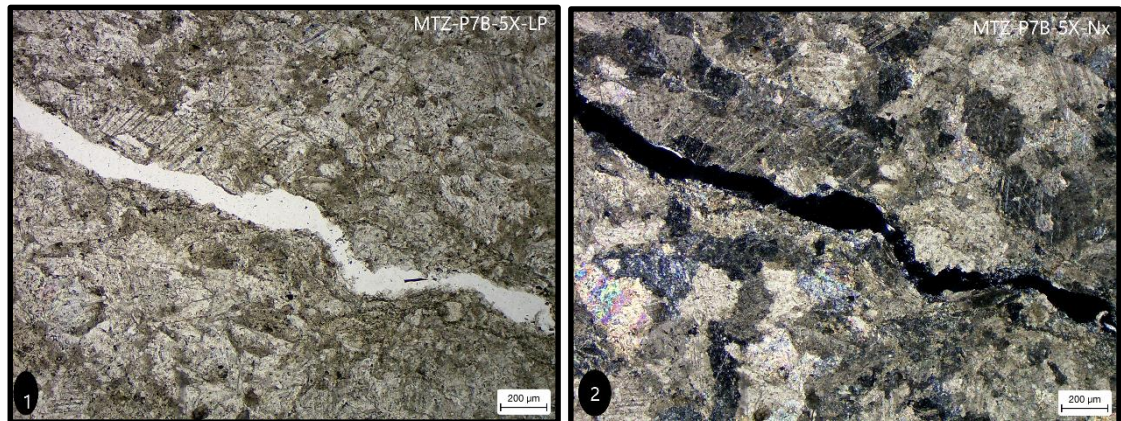


Figura 39 Fotomicrografías de Metacaliza en la Formación Méndez. 1) Cristales de calcita 2) Sección delgada observada en Nícoles Cruzados.

formación Metztlán.

El objetivo de la petrografía de esta roca es conocer el origen de los clastos que forman el conglomerado.

Es una roca de color parda con tonos grises y responde a la intemperie con una coloración castaña clara con tonalidades rojizas y pardas. Se observa mal seleccionada.

Está compuesto por clastos angulosos a subredondeados que oscilan entre los 1 y 8 (cm) y se presentan en forma tabular o discoidal. Los clastos se encuentran en una matriz arcillosa calcárea con abundantes óxidos, ya que presenta una coloración rojiza. Se observa una imbricación burda de 0 a 20° (imbricación marina). Los clastos son compuestos principalmente por caliza y pedernal.



Figura 40 Afloramiento de la formación Metztlán, los recuadros rojos indican clastos con presencia de pedernal (color negro).



Figura 41] Afloramiento a pie de carretera, se puede observar pseudoestratificación y gradación normal, en diferentes episodios de depósito.



Figura 42 Gradación normal en conglomerado.

En sección delgada se observa una roca de textura clástica, muy mal seleccionada con una matriz calcárea, con óxidos y arcillas dispersas dentro de toda la lámina y contenido de clorita incipiente. Los principales componentes son caliza, pedernal, dolomita y calcita. No se observa imbricación en sus clastos o algún tipo de orientación. Se observa porosidad del tipo primaria, interpartícula.

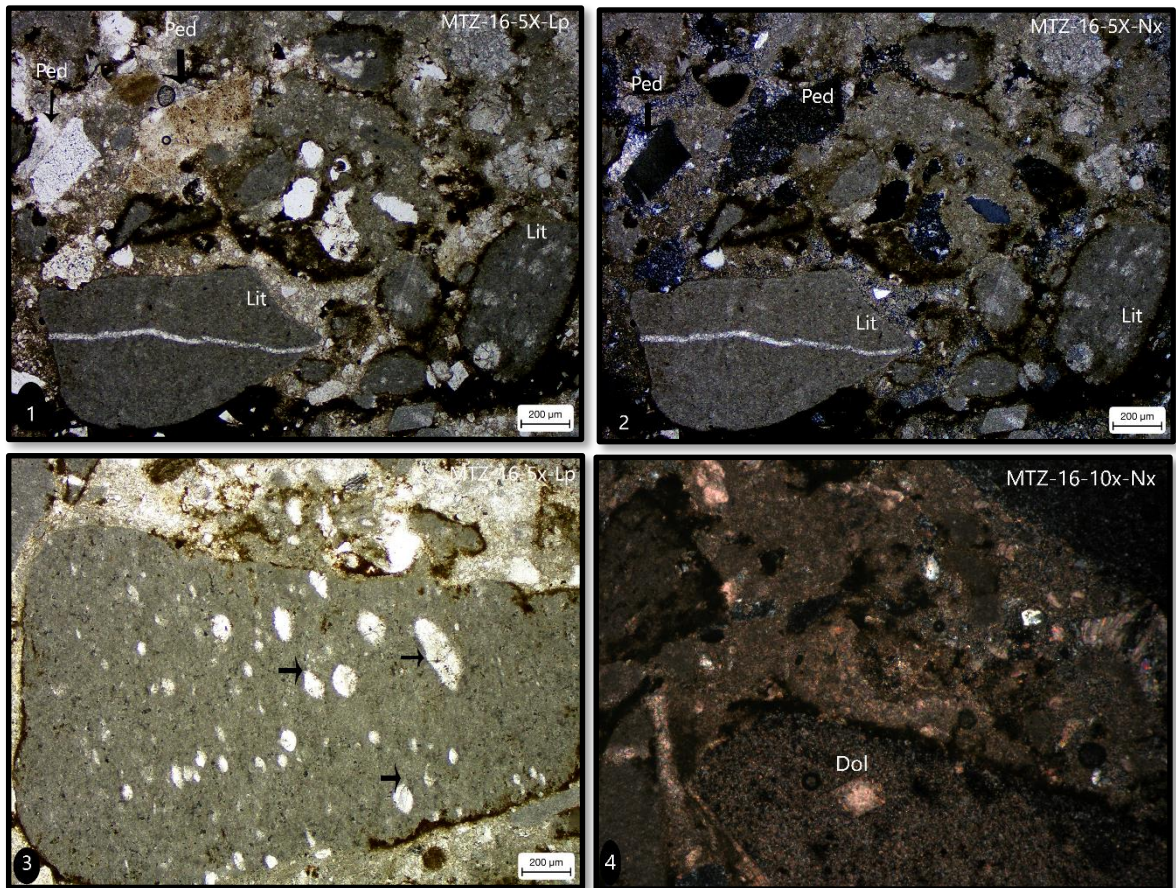


Figura 43 Fotomicrografías del conglomerado de la formación Metztitlán. 1) Litoclastos de caliza (Lit) y pedernal (Ped) en matriz arcillosa. 2) Sección delgada 1 observada en Nícoles cruzados. 3) Litoclasto de caliza donde se pueden observar aloquímicos recristalizados y deformados, posiblemente fauna pelágica. 4) Cristal euhedral de Dolomita (Dol).

Derrames basálticos.

Las muestras que pertenecen a estas rocas son MTZ-01, MTZ-02, MTZ-13, MTZ-14, MTZ-P4 y MTZ-P12B.

Generalmente son rocas máficas, con de tonalidades pardas oscuras y rojizas por pátinas superficiales y costras de óxidos. Las rocas presentan textura afanítica, en algunas muestras se han podido observar con lupa algunos olivinos. En superficie de la roca se han encontrado vesículas de 5 cm y algunas amígdalas rellenas de arcilla y calcita.



Figura 44 Estructuras tipo Pillow lavas, este tipo de estructuras no se presenta homogéneamente en todo el afloramiento pero se observa aumento de estas estructuras hacia la cima.

Los basaltos se comportan como rocas competentes y compactas, formando afloramientos de poca extensión y altura.

En los derrames basálticos se pueden observar estructuras de pillow lavas (figura 44) y columnas tabulares, los afloramientos generalmente se encuentran con diaclasas.



Figura 45 Basaltos diaclasados formando columnas tabulares.

Descripción microscópica

Las secciones delgadas analizadas muestran rocas básicas, holocristalinas e hipocristalinas de fábrica inequigranular en las cuales se han observado diferentes texturas: intergranular, poiquilítica, ofítica, y subofítica.

Compuesta principalmente por plagioclasas y piroxenos, en menor proporción olivino. Como minerales secundarios se han encontrado celadonita e iddingsita además de opacos y vidrio.

Plagioclasa cálcica en microcristales prismáticos anhedrales y subhedrales con maclas polisintéticas y de Carlsbad, se observa diferente grado de erosión dependiendo la muestra, algunas con Sericita presente y bordes de iddingsita.

Los Piroxenos se observan como fenocristales de grano medio a microcristalinos, anhedrales, subhedrales y euhedrales. Dependiendo la muestra es posible observar ortopiroxenos y clinopiroxenos (augita).

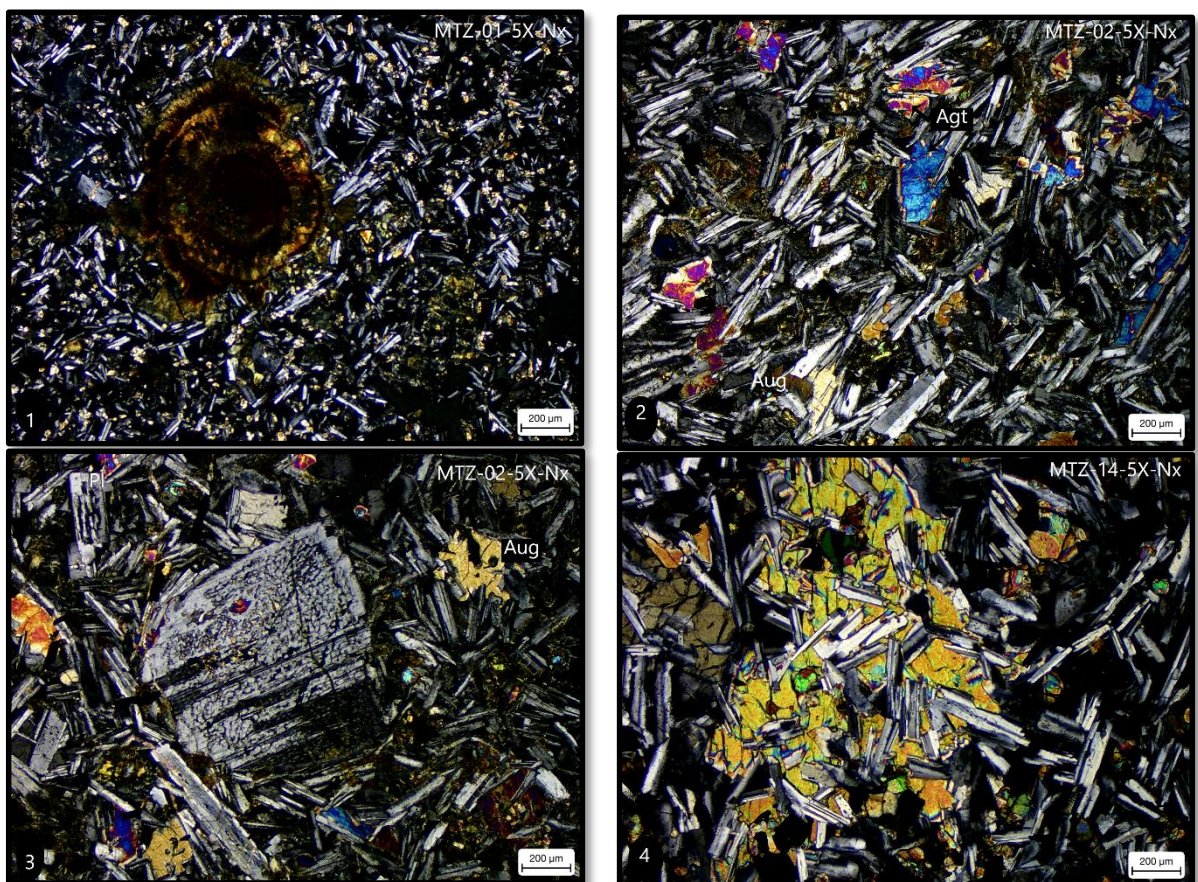


Figura 46 Fotomicrografías de basaltos de la zona de Metztlán. 1) Iddingsita Amigdaloidal, cristales de plagioclasa (Bytownita) y clinopiroxenos criptocristalinos. 2) Textura intergranular, se observan cristales de Augita engolfados y Augita-Aegerina, embebidos en una matriz de vidrio y óxidos. 3) Alveoporos alteromorfos en un fenocristal de feldespato, con inclusiones de opacos, piroxeno y vidrio volcánico. 4) Textura ofítica, se observa cristal de piroxeno (Augita).

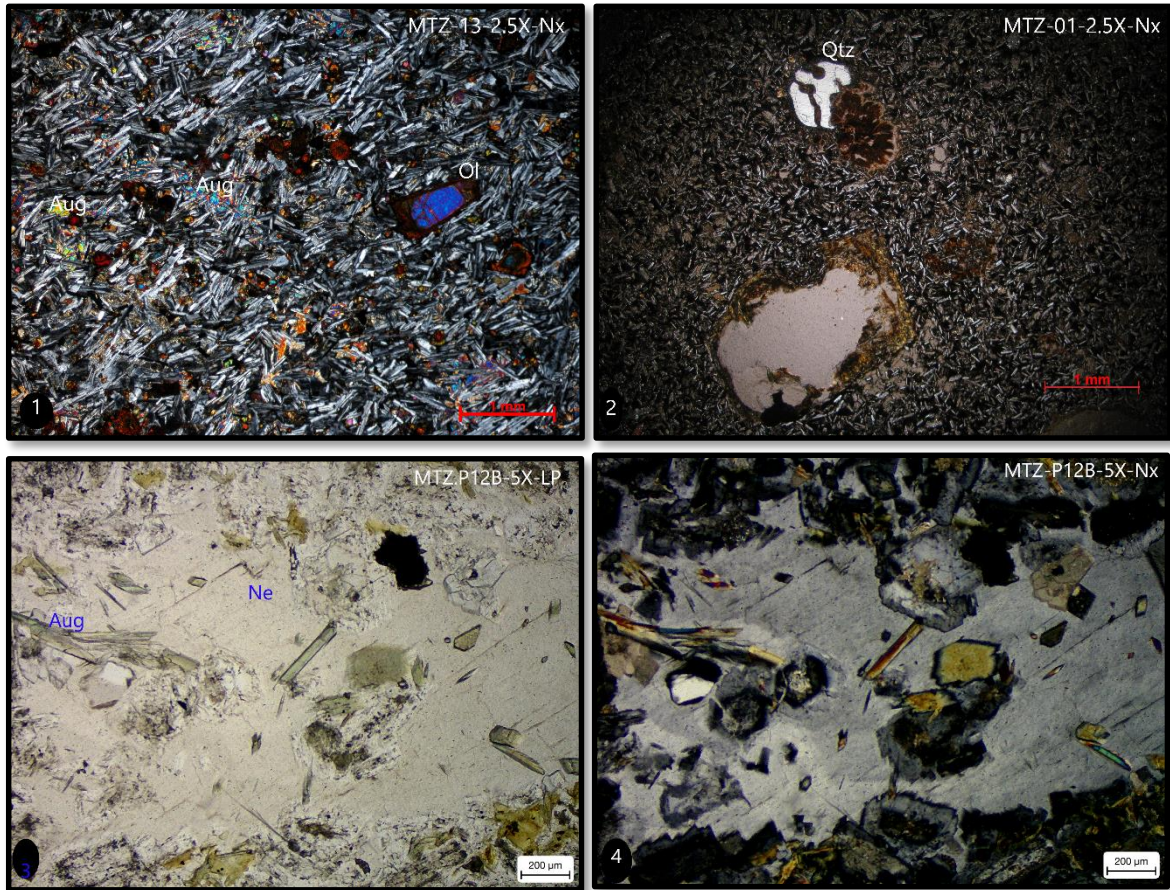


Figura 47 Fotomicrografías de rocas volcánicas extrusivas básicas1) Textura Poiquilitica, Fenocristal de Olivino (Ol) alterados con iddingsita, también se observan cristales de Augita (Aug) en una matriz de plagioclasa y vidrio volcánico. 2) Textura Intersertal, se observa fenocristal de Cuarzo engolfado, y remplazamiento de vidrio volcánico por iddingsita (rojizo) en una amígdala, en una matriz compuesta principalmente por plagioclasa y vidrio volcánico.3) Fenocristal de Nefelina con inclusiones de piroxenos 4) lamina anterior vista en Nicoles cruzados.

CAPITULO VII DISCUSIONES

La zona de Metztlán ha sido estudiada por diversos factores científicos y económicos; exploración petrolera, minera e hidrogeológica, por lo que se tienen diversos estudios, en este capítulo se presentaran similitudes y diferencias encontradas en las unidades geológicas como resultado del trabajo petrográfico.

Las muestras que pertenecen a la formación Tamaulipas, compuestas por calciesferas, foraminíferos y radiolarios y en las cuales se observa en algunas secciones delgadas fábricas fenestrales y vetillas. Armstrong y Brasier (2005) proponen que la presencia de fósiles de radiolarios es frecuente encontrarlos en horizontes de pedernal. “Los nódulos de pedernal con sedimentos pelágicos calcáreos de edad Mesozoica y Cenozoica son probablemente depositados en aguas profundas”.

Las calciesferas en el Mesozoico son encontradas en sedimentos de plataforma profunda, talud y cuenca. Algunas calciesferas son asociadas a Transgresiones marinas. Flügel (2010). La fábrica fenestral es creada como una brecha primaria o penecontemporánea, Tebbutt et al (1965) en Flügel (2010), formando ductibilidad en la sedimentación lo que posiblemente causó posteriormente debido a fallas frágiles o tectónicas la presencia de vetillas.

Acorde con lo descrito por Carrasco (1971) estas rocas son similares a las descritas en las “*Litofacies marginal de plataforma*”, con el único contraste de que las rocas expuestas cercanas a la Formación El Abra muestran mayor disolución.

En las muestras provenientes de la Formación el Abra se encontraron como aloquímicos; Miliolidos, bivalvos, ooides y pellets los cuales convergen en ambientes de aguas someras. Los fósiles de Miliolidos están relacionados a climas tropicales con salinidades altas ~ 40%. Los ooides radiales y fibrosos indican comúnmente mareas de baja energía.

Los “Bird eyes” se originan en ambientes intermareales superiores o supratidales, conforme a su distribución en la matriz fueron clasificados como irregulares, lo cual nos ayuda a inferir un origen orgánico o diagenético (recristalización selectiva), Wolf 1965, Zorn 1971, en Flügel (2010).

Según el concepto de Microfacies de Flügel (2010), como el total de todas las características sedimentológicas y paleontológicas que pueden describirse en secciones delgadas, se proponen tres microfacies en la Formación San Felipe y dos Microfacies en la formación Méndez.

La Formación San Felipe fue poco descrita en el área, en los estudios realizados por Carrasco (1969,1970,1971,1977,2008), Hernández (1991) y SGM (2003), los cuales estuvieron enfocados a la Formación El Abra, formación Tamaulipas Superior y formación Metztlán. Respecto al estudio petrográfico en las microfacies compuestas por fauna bentónica y planctónica nos indica una salinidad de 35%, estos microfósiles fueron depositados en aguas abiertas, que corresponde a un sistema de microfacies 9 (Wilson, 1975). El incremento gradual de foraminíferos así como las diferentes fábricas como el “Heterolithic Bedding” y cambios en la orientación de la matriz nos ayudan a inferir que estos sedimentos fueron

transportados por a corrientes de turbidez. La presencia de feldespatos autógenos está relacionado a procesos diagenéticos de remplazamiento. Se puede observar un incremento en el contenido de fósiles en las muestras de las tres microfacies propuestas.

Los afloramientos de la Formación San Felipe en la zona de estudio han encontrado una similitud en las rocas de la Formación San Felipe descritas por Martínez-Paco (2012) y Velazco-Tapia *et al* (2015) en el estado de Nuevo León. Ha sido descrita como una secuencia Turbidítica, en un ambiente deposicional de base talud y cuenca. Y de acuerdo con el estudio geocronológico realizado a circones en tobas sugiere una edad de 73.5 a 83.7 m.a., siendo la procedencia de los circones de arco magmático de tipo continental.

Las características que se describen en el estudio de Martínez-Paco (2012) de la Formación San Felipe concuerdan con similitudes de las muestras de la Formación San Felipe de Metztitlán además de que en Metztitlán esta formación se encuentra en contacto concordante con Pillow Lavas.

En la formación Méndez se pueden distinguir Bioturbaciones las cuales son originadas debido a actividad orgánica en los sedimentos, ocurren en ambientes intermareales, submareales y ambientes marinos profundos, en donde existe alta densidad de endobientes en conjugación con bajas tasas de sedimentación, Flügel (2010). Las bioturbaciones influyen en la composición del sedimento, controla procesos diagenéticos y tiende a aumentar la subducción de productos orgánicos

debajo de la interfaz sedimento-agua. El grado e intensidad de la bioturbación es un excelente indicador de oxigenación.

Las microfracturas se pueden entender genéticamente solo en el contexto de un análisis estructural regional. La importancia es para descifrar la historia postsedimentaria de las rocas, incluidas las actividades tectónicas, diagénesis, migraciones de fluidos, potencial de yacimiento y propiedades mecánicas de las rocas.

La presencia de fosfatos en indica cambios diagenéticos en la interfaz sedimento-agua, dentro de los variedad de fosfatos la muestras presentan fluoropatita. Flügel (2010) Indica como el reemplazo o impregnación de fosfatos los cuales pueden presentar varios grados de preservación (intrapartícula, interpartícula y cementación a través de la interfaz sedimento-agua)

Se decide representar el “Deslizamiento o Desprendimiento” en la propuesta de mapa para esta Tesis que se encuentra en el apartado de Anexos, ya que se considera importante en la historia geológica del lugar y no se ha representado en la cartografía del SGM (2003). La morfología del cuerpo de Deslizamiento se propone observando imágenes satelitales de Google Earth e información reportada por García-Arizaga (1996) la cual lo describe como un bloque de brecha calcárea y Suter (2004), el cual propone una edad de 500 a 1100 años.

CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se recolectaron, se analizaron y se tiene control de su ubicación de 30 muestras líticas y sus láminas delgadas. Estas han sido donadas al Laboratorio de Petrología de la Facultad de ingeniería, de la UNAM y forman parte de una nueva colección en la cual se busca que las muestras se utilicen como material didáctico.
- La Colección cuenta con siete rocas ígneas y 24 rocas sedimentarias (23 calizas y un conglomerado).
- Con la información de campo y del estudio petrográfico de la presente tesis, se generó dos guiones como complemento del material didáctico donado para el Laboratorio de Petrología, estos son: “Guión de Campo Región de Metztitlán, Hidalgo” y “Guión de Laboratorio Muestras de Metztitlán- Hidalgo”.
- En el mapa anexo se representa el “deslizamiento” o “desprendimiento” dada la importancia geológica.
- La formación Tamaulipas en el área estudiada por carrasco (2008) al poniente de Metztitlán corresponde a las mismas rocas de la formación Tamaulipas Superior que afloran al sur y sur oriente de Metztitlán. Aunque en la cartografía realizada por SGM (2003) no se hace diferencia entre las unidades (Tamaulipas inferior y Tamaulipas superior) con base en los resultados obtenidos de las muestras se ha denominado como formación Tamaulipas Superior, la cual forma parte de la cuenca de Metztitlán.

- De igual modo se han encontrado similitudes en las rocas de la Formación El Abra, en las “*litofacies de pellets con menos del 5% de miolidos*” y “*litofacies bioclásticas*” descritas por Carrasco (1971).
- Respecto a la Formación San Felipe, el contenido micropaleontológico y petrográfico de las rocas carbonatadas se sugiere que fueron depositadas en un ambiente de Plataforma de circulación abierta.
- Se apoya la teoría de un paleocanal con dirección al NE de la Plataforma Actopan, dadas las evidencias en las rocas de la Formación San Felipe.
- En la Formación Méndez se describen dos microfacies las cuales se distinguen por dos diferencias importantes; la micrita fosilífera de foraminíferos, contiene mayor evidencia de materia orgánica y fue sometida a mayor estrés tectónico dada las evidencias de fracturamiento y vetilleo. La Biomicrita de foraminíferos es evidente mayor presencia de minerales autógenos y fosfatos, además de filamentos.
- Se recomienda realizar estudio geocronológico en tobas y rocas de la Formación San Felipe, el cual nos puede arrojar edad y procedencia tectónica de circones.
- Así como realizar estudios sobre contenido de materia orgánica en las Formación Méndez.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS, A.E. y MACKENZIE, W.S., (1996). *Atlas de rocas sedimentarias observadas al microscopio*. Masson. Barcelona. España.
2. AGUAYO-CAMARGO, J.E. (1998). The Middle cretaceous El Abra limestone at its type locality (Facies,diagénesis and oil emplacement), East Central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15 (1).
3. ANGELES-VILLEDA, M.E., HINOJOSA-ESPINOZA, J.J., LOPEZ-OLIVA, J.G., VALDES- GONZALES, A., LIVAS-VERA M., (2005). Estratigrafía y microfacies de la parte sur del Cañón la Boca, Santiago, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2(2).
4. AMEZCUA, N.(2006) Formación Huizachal, En *Léxico Estratigráfico de México*, S.G.M., Recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Huizachal.pdf>
5. ARANDA-GOMEZ, J.J., TORRES-HERNANDEZ, R., CARRASCO-NUÑEZ, G. y AGUILLON-ROBLES, A. (2000), Contrasting styles of Laramide folding a cross the west-central margin of the cretaceous Valles San Luis Potosí carbonate platform, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 17 (2), 97-111
6. ARANDA-GOMEZ, J.J., LUHR, F.J., HOUSH, B.T., VALDEZ-MORENO, G. y CHAVEZ-CABELLO, G., (2005). El volcanismo tipo intraplaca del Cenozoico tardío en el centro y noreste de México: Una Revisión. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. V. conmemorativo del centenario, 3 (LVII), 187-225.
7. ARELLANO-GIL, J., VACHARD, D., YUSSIM, S. y FLORES DE DIOS-GONZALES, A., (1998). Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico inferior al jurásico inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15 (1), 9-13.
8. ARELLANO-GIL, J., SILVA-PINEDA, A., SALVADOR FLORES, R. y BELTRAN – ROMERO, F., (2005), Origen y características del paleo – Lago de Amajac, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22 (2) ,199-211.
9. ARMSTRONG, H. y BRASIER, M., (2005). *Microfossills*, Second edition, Blackwell publishing, UK. 296.
10. ARRIBAS-MOCOROA, M.E., ARRIBAS- MOCOROA, J., de la PEÑA-BLASCO, J. A., ESCAVY-FERNANDEZ, J.I., ESTRADA-ALIBERAS, R., HERRERO-FERNANDEZ, M.J.... VERAS-MURIEL, M.J., (2017). *Atlas de Petrología*

Sedimentaria. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <https://webs.ucm.es/info/petrosed/index.html>

11. BEST, M.G. (2003). *Igneous and metamorphic Petrology* second edition. Blackwell Science. USA.
12. BRYAN, K. (1948). Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México, en relación a los cambios climáticos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 13, 1-20.
13. CARRASCO-VELÁZQUEZ, B. (1969). Posible Importancia económico-Petrolera de la Brecha Litoclástica de la base de la formación El Doctor, en Metztlán, Hgo. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Notas Técnicas, 70-72.
14. CARRASCO-VELÁZQUEZ, B.E. (1970). La formación El Abra (Formación El Doctor en la plataforma Valles-San Luis Potosí). *Revista del I.M.P.*, 2 (96).
15. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E. (1971). Litofacies de La Formación El Abra en la Plataforma de Actopan, Hgo. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 3 (1).
16. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E. (1977). Albian Sedimentation of submarine autochthonous and allochthonous carbonates, east edge of the Valles –San Luis Potosi Platform, México. *Instituto Mexicano del Petróleo SEPM Special Publication*, 25, 263-272.
17. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E., MORALES-PUENTE, P., CIENFUEGOS, E., y LOZANO-SANTA CRUZ, R., (2004). Geoquímica asociada al paleokarst cretácico en la Plataforma de Actopan: Evolución Paleohidrológica. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21 (3), 382-396.
18. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E., MARTINEZ-HERNANDEZ, E., RAMIREZ-ARRIAGA, E. y SOLE- VIÑAS, J., (2008). Estratigrafía de la Formación Meztlán del Plioceno (Estado de Hidalgo, Centro – Este de México). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 60 (1).
19. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E., MARTINEZ-HERNANDEZ, E., RAMIREZ-ARRIAGA, E., (2009). Estratigrafía de la Formación el Morro del Paleoceno-Eoceno en Zimapan, Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61 (3), 403-417.
20. CARRASCO-VELAZQUEZ, B.E., MORALES –PUENTE, P., CIENFUEGOS, E. y LOZANO -SANTA CRUZ, R., (2004). Geoquímica asociadas al paleokarst cretácico en la Plataforma de Actopan: Evolución Paleohidrológica. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21 (3), 382-396.
21. CARRILLO –MARTINEZ, M., (1981). Contribución al estudio Geológico del macizo calcáreo El Doctor, Querétaro .Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geología, Revista*, 5 (1), 25-29.

22. CARILLO –MARTÍNEZ, M. (1989). Estratigrafía y Tectónica de la parte Centro oriental del Estado de Querétaro., Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geología, Revista*, 8 (2), 88-193.
23. CARILLO–BRAVO, J., (1971). La Plataforma Valles-San Luis Potosí, *Revista de la asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 23 (1), 102.
24. CRUZ –GÁMEZ, E. y PUPO-DORTICÓS, E.L., (2008). *Atlas de minerales formadores de Rocas y su Sistemática.*, Facultad de Geología – Mecánica, Departamento de Geología. Universidad de Pinar Del Rio Hermanos Saiz Montes de Oca. Cuba
25. EGUILUZ DE ANTUÑANO, S., ARANDA-GARCÍA, M. y MARRET, R., (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 1-26
26. FLORES, A., (1955) *Estudio estratigráfico y estructural del campo petrolero de Santa Águeda, Veracruz, México.* (Tesis de licenciatura) Instituto Politécnico Nacional, México.
27. FLÜGEL, E., (2010). *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application.* Springer, Second edition, 928.
28. FRIES, JR., (1960). Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero m Región Central Meridional de México. *Boletín del instituto de Geología*, 60- 236.
29. GARCIA-ARIZAGA, M.T., LUGO-HUBP, J. y PALACIOS, D., (1996) *La obturación de valles por procesos de ladera: El origen de la vega Metztlán (México).* Sociedad Española de Geomorfología, IV Reunión de Geomorfología, 325-335.
30. GOMEZ-TUENA, A., OROZCO-ESQUIVEL, M.T. y FERRARI, L., (2005). Patogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.*, V. *Conmemorativo del Centenario*, 3 (LVII), 227-286
31. GRIEM, W. (2016) *Apuntes Geología General.* Museo Virtual de Geología. Chile. Recuperado de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04a-s.htm>
32. HERNANDEZ-TREVIÑO, J.T. y HERNANDEZ-BERNAL, M.S. (1991) *Evolución geológica de la región de Metztlán / Zacualtipan estados de Hidalgo y Veracruz.* (Tesis de licenciatura), Facultad de Ingeniería, UNAM. México.
33. HERMOSO DE LA TORRE, C. y MARTINEZ –PEREZ, J., (1972). Medición detallada de formaciones del Jurásico Superior en el frente de formaciones del Jurásico Superior en el frente de la Sierra Madre Oriental. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* , 24 (1-3), 45-63

34. INEGI (2009) *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Metztitlán, Hidalgo*. Clave geoestadística 13037.

35. JUAREZ-ARRIAGA, E. y LOPEZ-PALOMINO, I. (2009). Formación Tarango. En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Tarango.pdf>

36. JUAREZ-ARRIAGA, E., (2009). Formación San Cristóbal. En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Sancristobal.pdf>

37. LÓPEZ–RAMOS, E. (1981) .Paleogeográfica y tectónica del Mesozoico en México. *Revista del Instituto de Geología UNAM*, 5 (2) ,158-177.

38. LOPEZ-DONCEL, R., (2003). La Formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la plataforma Valles – San Luis Potosí, centro-noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20 (1), 1-19.

39. LOPEZ-PALOMINO, I. y PIÑA-ARCE, M. (2007). Formación Chipoco, En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Chipoco.pdf>

40. LOPEZ-PALOMINO, I. y PIÑA-ARCE, M. (2007). Formación Tepéxic, En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Tepexic.pdf>

41. LOPEZ-PALOMINO, I. y RAMIREZ-GARZA, B. M., (2009). Grupo Pachuca , En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/GrupoPachuca.pdf>

42. LOPEZ-PALOMINO, I. y JUAREZ-ARRIAGA, E. (2008). Formación Santiago, En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M., recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Santiago.pdf>

43. MACKENZIE, W.S. y GUILFORD, C., (1980). *Atlas of Rock-forming minerals in thin sections*. Longman Scientific & Technical. USA.

44. MACKENZIE, W.S., DONALDSON, C.H. y GUILFORD, C., (1996). *Atlas de rocas ígneas y sus texturas*. Masson. Barcelona España.

45. MORENO, I. y CONTRERAS, F., (2009). El laboratorio de mineralogía una pieza de colección .*Gaceta de la Facultad de Ingeniería*, 2(3), 10-12

46. NIETO-SAMANIEGO, A.F., ALANIZ-ALVAREZ, S.A., y CAMPRUBI-I CANO, A., (2005). La Mesa Central de México: Estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Conmemorativo del Centenario, Tomo. LVII (3), 285-318.
47. OCHOA-CARRILLO, H.R., BUITRON, B.E., SILVA-PINEDA, A., (1998), Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía, Paleoecología y tectónica del jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, México. *Revista del Instituto de Geología UNAM*, 15 (1), 57-63.
48. OVIEDO-GARCÍA, A., (2005). *Rudistas del Cretácico superior del Centro al sureste de México. (Recuento sistemático de rudistas americanos)*. Universidad Autónoma de Barcelona, Unidad de Paleontología del Departamento de Geología, España.
49. PADILLA Y SANCHEZ R.J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LIX (1), 19-42.
50. PALMER, R.H., (1927). Geology of Eastern Hidalgo and adjacent parts of Veracruz, México. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 11 (12), 1173-1220.
51. PINEDA-FRANCO, M. y GONZALO, J.C., (2000), *Taller de petrología: Enseñanza de la petrología con el microscopio Petrográfico. Workshop of petrology*. Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias. Salamanca, España.
52. PIÑA-ARCE, M. y LOPEZ-PALOMINO, I., (2007) Formación Méndez. En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M. recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Mendez.pdf>
53. Raith, M., Raase, P. y Reinhardt J. (2012). Guía para la Microscopía de Minerales en Lamina Delgada., *Mineralogical Society of America*.
54. REMIGIO-MORALES, K. y LOPEZ-PALOMINO, I. (2013) Ficha de Unidad Litoestratigráfica (Formación), Tamaulipas Superior. En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M., recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/TamaulipasSuperior.pdf>
55. REMIGIO-MORALES, K. y LOPEZ-PALOMINO, I. (2013) Ficha de Unidad Litoestratigráfica (Formación), Tamaulipas Inferior. En *Léxico Estratigráfico de México*. S.G.M., recuperado de <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/TamaulipasInferior.pdf>

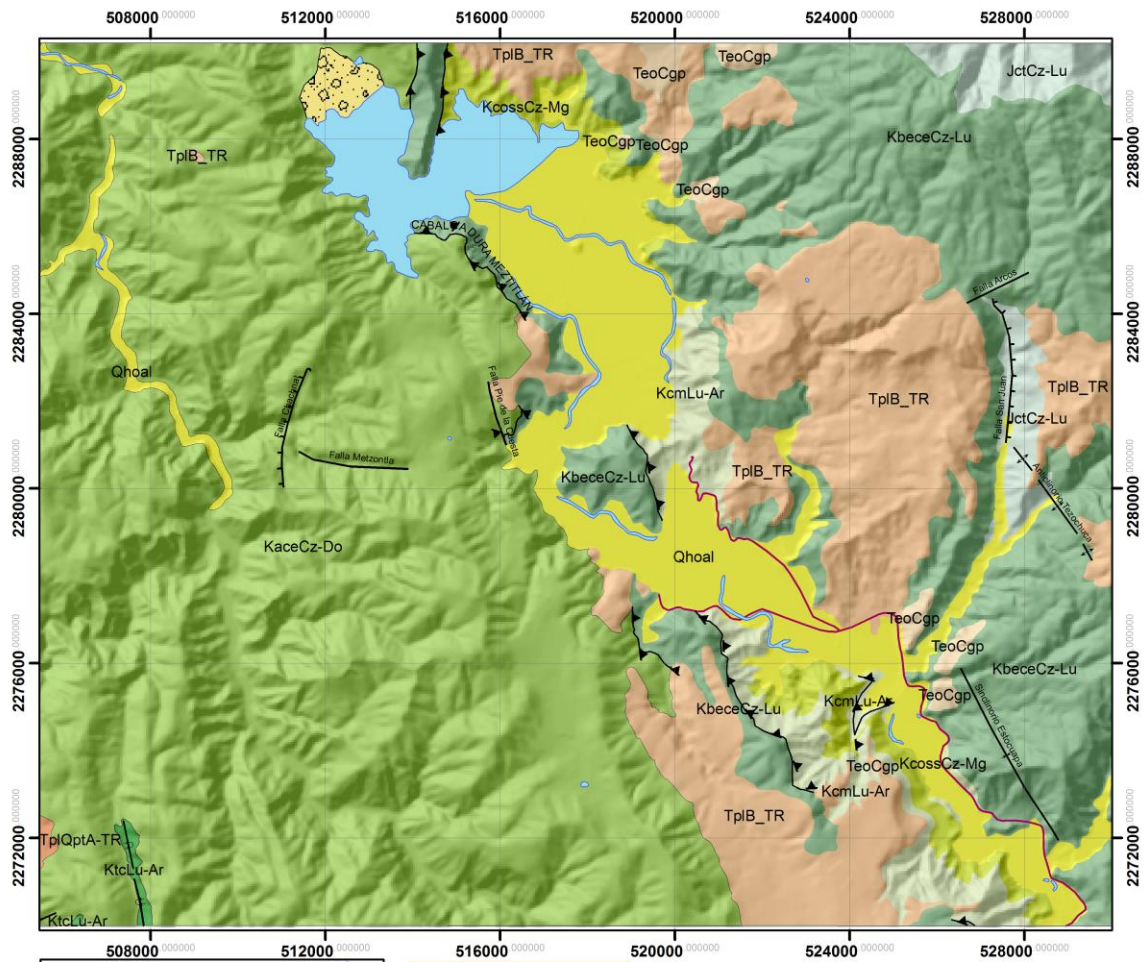
56. ROCHA-ROCHA, M., (2008). *Yacimientos de Celestita en la Plataforma Valles-San Luis Potosí*. (Tesis de Maestría). Posgrado en Ciencias en Geología Aplicada. Facultad de Ingeniería. UASLP.
57. ROCHA-ROCHA, M. (2008). Inclusiones fluidas de los Yacimientos de Celestita ubicados en la Plataforma Valles- San Luis Potosí. *Revista GeoCiencia SGM*, 2 (4), 5-24.
58. RODRIGUEZ-HERNANDEZ, E., LOPEZ-DONCEL, R., BARBOSA-GUDIÑO, J.R. y CRUZ-MARQUEZ, J. (2009). Análisis Sedimentológico-facial de clastos formadores de brechas calcáreas cretácicas de una zona transicional plataforma –cuenca en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26 (3), 607-708.
59. ROSELL, J., (1989). Límites en Series turbidíticas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 2, 375-380.
60. MUIR, J.M., (1936). Geology of Tampico Región, México. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 280.
61. MONTES-QUINTERO S., (2006). *Barranca de Metztlán*, CONANP, México.
62. SEGERSTROM, K., (1961). Geología del sur oeste del estado de Hidalgo y del noroeste del estado de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 13 (3-4), 147 -168.
63. SILVA-ROMO, G. y MENDOZA-ROSALES, C.C., (2011). *Manual para el trabajo Geológico de campo*. Facultad de ingeniería UNAM, 322.
64. SUTER, M., (1980). Tectonics of the external part of the Sierra Madre Oriental foreland thrust-and –fold belt between Xilitla and the Montezuma River (Hidalgo and San Luis Potosi States). *Revista del Instituto de Geología*, UNAM, 4 (1), 19-31.
65. SUTER, M., (2004). A neotectonic –geomorphologic investigation of the prehistoric rock avalanche damming Laguna de Meztlán. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21 (3), 397-411.
66. SERVICIO GEOLOGICO MEXICANO, (2003). *Carta Geológica – Minera Metztlán F14-D61 HIDALGO*, (Mapa), SGM, Secretaría de Economía, México.
67. TOSELLI, A.J. (2010). *Elementos básicos de petrología Ígnea*. Miscelánea 18 INSUGEO. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel Tucumán, Argentina.
68. VELASCO-TAPIA F., MARTINEZ-PACO M., IRIONDO A., RAMOS-LEDEZMA A., OCAMPO-DÍAZ E., CRUZ-GAMEZ M.E.,...ANDAVERDE ARREDONDO J.A., (2015). Formación San Felipe; La Huella de vulcanismo cretácico en la Sierra Madre Oriental. *XXV Congreso Nacional de Geoquímica*, 86-92.

69. VERDE-RAMÍREZ, M.A. (2009). *Estratigrafía y facies de la Formación Xaltipa, Región de Huayacocotla, Ver.* (Tesis de licenciatura), Facultad de Ingeniería, UNAM.
70. VICTORIA-MORALES, A., CABRERA-RAMIREZ, M.A. (2013). *Diseño de guías de aprendizaje de Petrología Metamórfica con base en la integración de colecciones de rocas y preparación de guías para prácticas de campo, que permitan al alumno integrar conocimientos teóricos con trabajo de campo y laboratorio PAPIME PE103912.* Facultad de Ingeniería UNAM, Feria de Proyectos 2013
71. VILLALOBOS-SALAS, M.L., (2017). *Rocas Sedimentarias Químicas. (Presentación), Recuperado de <https://docplayer.es/37271888-Rocas-sedimentarias-quimicas.html>*
72. QUILANTAN-PEDRAZA, A., LOPEZ-DONCEL, R.A. y SILVA-MENDOZA S., (2008). Plataforma Valles – San Luis Potosí y la Cuenca Mesozoica del Centro de México en el Cretácico Medio y Superior. *Boletín de Geociencias, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 2 (4), 8-14.

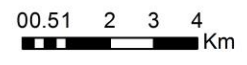
PAGINAS WEB.

1. <http://www.metztitlan.com.mx/ubicacion.html>
2. http://www.vmapas.com/America/Mexico/Hidalgo/Mapa_Rutas_Hidalgo.jpg/maps-es.html?map_viewMap=1
3. <http://www.travelbymexico.com/estados/hidalgo>
4. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/medioFisico.aspx?entra=nacion&ent=13&mun=037>
5. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=13&mun=037>
6. <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04a-s.htm>

MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO EN METZTITLÁN



Simbología	
	Desprendimiento
	Qhoal_ALUVIÓN
	TplQptA-Tr_Andesita
	TplB-TR_Basalto_Toba
	TeoCgp_fm Metztlán
	KcmLu-Ar_fm Mendez
	KcoSSCz-Mg_fm San Felipe
	KaceCz-Do-Fm. Abra
	KtclLu-Ar_fm. Soyatal
	KbeceCz-Lu_fm. Tamaulipas
	JctCz-Lu- Fm. Pimienta





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO EN METZTLÁN.

ELABORÓ Martínez García David	TESIS DE LICENCIATURA 2019
----------------------------------	-------------------------------

ANEXO PETROGRÁFICO

MUESTRA MTZ-01

Procedencia Muestra MTZ-01.

La muestra MTZ-01 fue localizada en las coordenadas geográficas UTM 14Q 517419, 2289498. La ruta de acceso es sobre la carretera federal 37, ruta Metztitlán-Eloxochitlán, a 350 m aproximadamente antes de llegar a Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-01.

Es una roca de color gris oscuro con tonalidades blancas, amarillas y verdosas a la intemperie y de color gris pardo claro zona fresca. La roca presenta una textura afanítica, con abundantes vesículas de aproximadamente 5 (cm) y de amígdalas rellenas de arcillas y calcita.



Foto 1 Muestra de mano MTZ-01

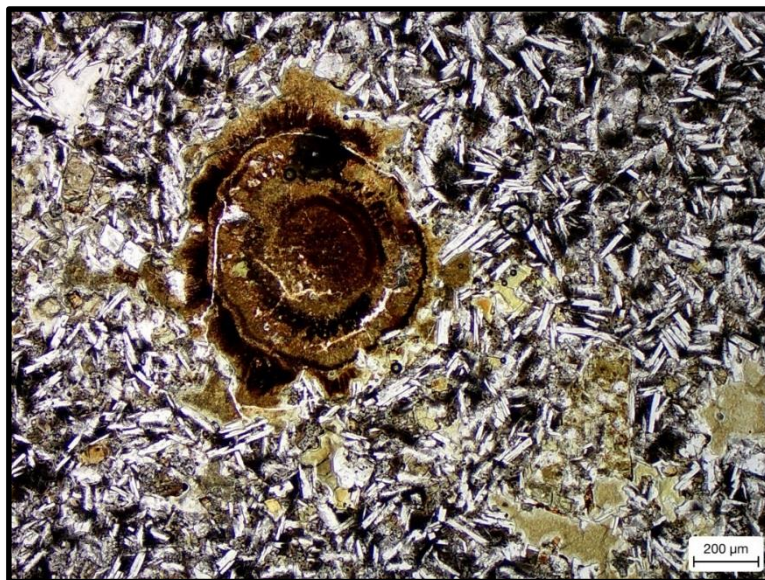
Descripción microscópica muestra MTZ-01.

Roca básica, Hipocristalina de fábrica Inequigranular de textura Intersertal., se observan amígdalas de forma semicircular rellenas de Iddingsita, además se puede observar algunas fracturas rellenas de vidrio.

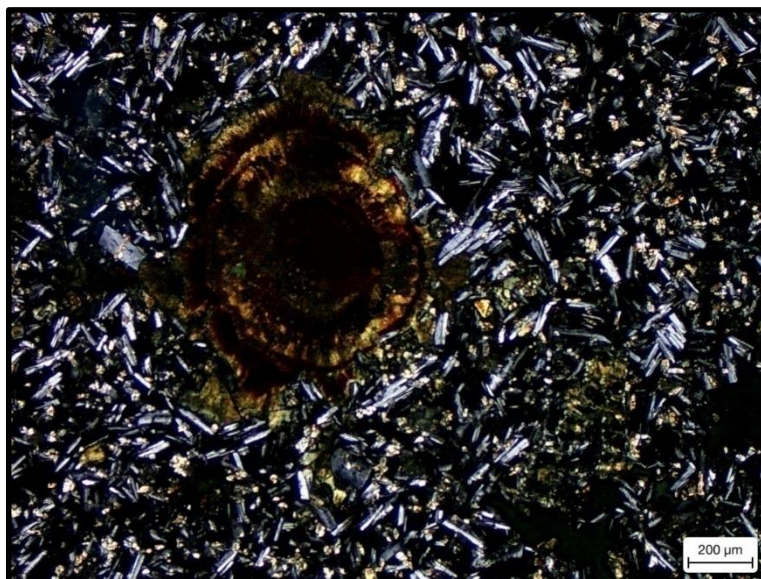
Remplazamiento de fenocristales de Olivino por Cuarzo e iddingsita. Se puede observar engolfamiento de cuarzo.

Tabla 7 Composición de la muestra MTZ-01.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Plagioclasas	50	Plagioclasa microcristalina, subhedral. Bordeados por opacos e iddingsita.
Iddingsita	20	La iddingsita no es un mineral, sino una mezcla compleja de esmectita, clorita, goethita / hematita. Se encuentra relleno las amígdalas
Clinopiroxenos	5	Cristales criptocristalinos, subhedrales .de alto relieve. Posiblemente Augita.
Vidrio	10	Presente en matriz relleno algunas estructuras.
Opacos	15	Rellenando espacios en plagioclasa, probablemente óxidos de Fe.



Fotomicrografía 1 Muestra MTZ-01 tomada con un objetivo 5x en Lp.



Fotomicrografía 2 Muestra MTZ-02 observada con un objetivo 5x en Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-01.

Basalto

MUESTRA MTZ- 02

Procedencia muestra MTZ-02.

La ruta de acceso es sobre la carretera federal 37, ruta Metztlán – Eloxochitlán, a 350 m de la comunidad Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo. En las coordenadas geográficas UTM 14Q 517419, 2289498

Descripción macroscópica muestra MTZ-02.

Es una roca de color gris oscuro con tonalidades anaranjadas en la zona expuesta a la superficie y gris oscura con tonalidades blancas, amarillas y verdosas en roca fresca. Presenta una textura afanítica, se pueden observar vesículas de pequeño tamaño. Compacta, masiva, se observa una costra de óxidos de color anaranjada como pátina.



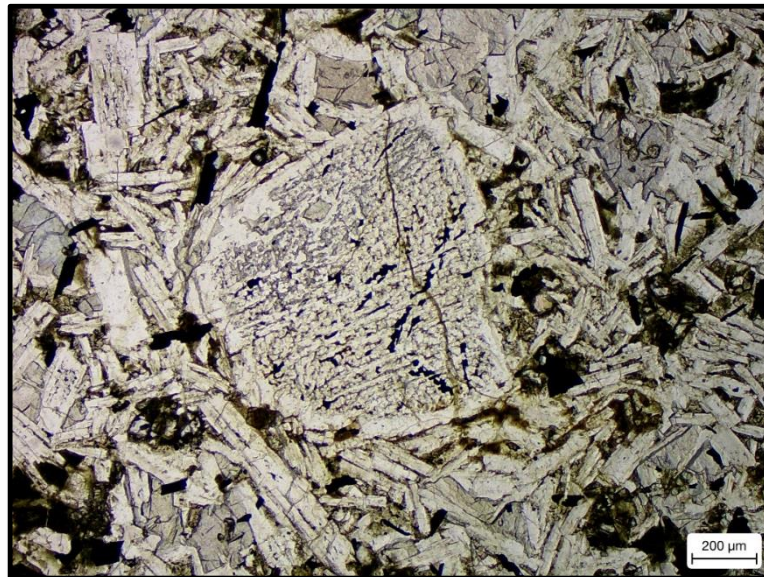
Foto 2 Muestra de mano MTZ-02.

Descripción microscópica muestra MTZ-02.

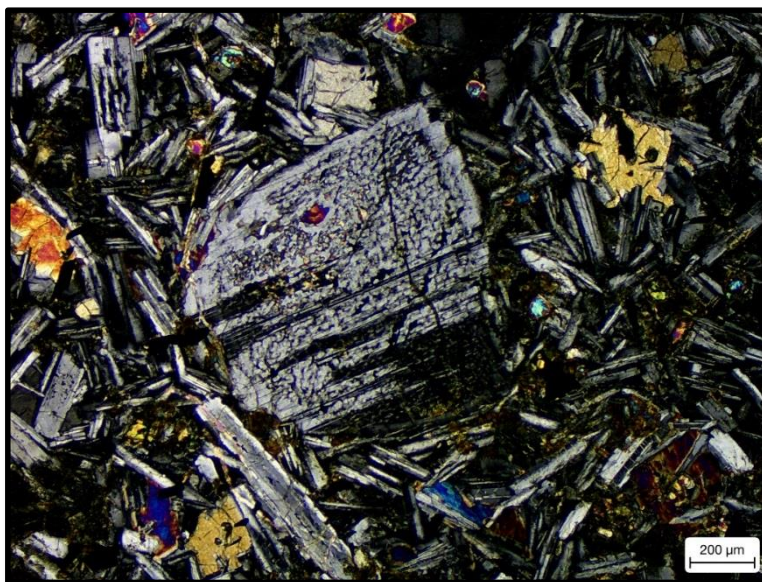
Al analizar la muestra en microscopio petrográfico, se observa una roca básica, holocristalina, de fábrica inequigranular y textura intergranular.

Tabla 8 Componentes observados en petrografía de la muestra MTZ-02.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Plagioclasas	60	Plagioclasas de composición cálcica, microcristalina, de cristales subhedrales. Presenta maclas de Carlsbad. Se observa microestructuras alteromorfas de alveoporos y retiporos
Piroxenos	20	Augita y Augita-Aegerina. Microcristales subhedrales. Augita con cristales engolfados.
Olivino	5	Forma anhedral, con contactos engolfados.
Vidrio volcánico	5	En matriz e intersertales.
Opacos	10	Presentes en matriz y embebidos en cristales de piroxeno y plagioclasa.



Fotomicrografía 3 Sección delgada MTZ-02 observada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 4 Lamina delgada MTZ-02 observada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-02.

Basalto

MUESTRA MTZ-03

Procedencia muestra MTZ-03.

En las coordenadas Geográficas UTM 14Q 517425, 2289625 se recolectó la muestra MTZ-03. La ruta de acceso es sobre la carretera federal 37, ruta Meztitlán–Eloxochitlan, a 600 m aproximadamente antes de llegar Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo. Afloramiento en corte carretero.

Descripción macroscópica muestra MTZ-03.

Se puede observar un color gris clara en la parte expuesta a la intemperie y en zona fresca de la roca es color parda clara con tonalidades blancas. Es de textura afanítica con una estructura al parecer fluida.



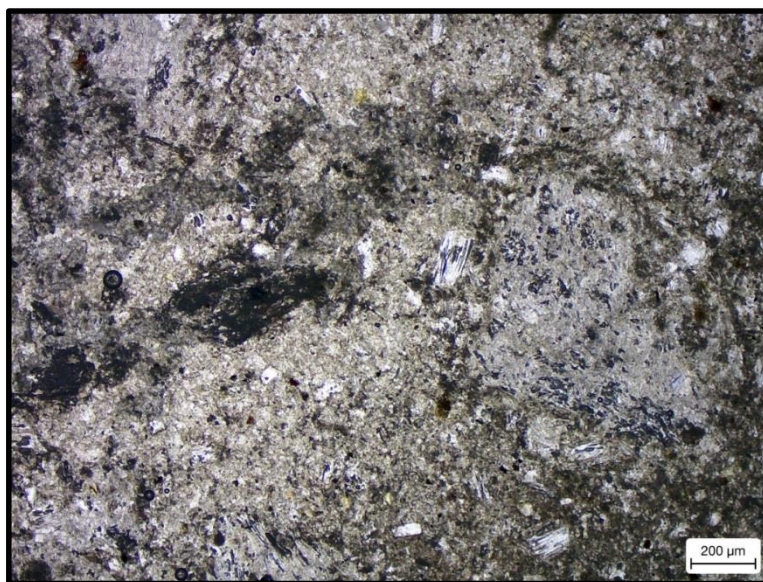
Foto 3 Muestra de mano MTZ-03.

Descripción microscópica muestra MTZ-03.

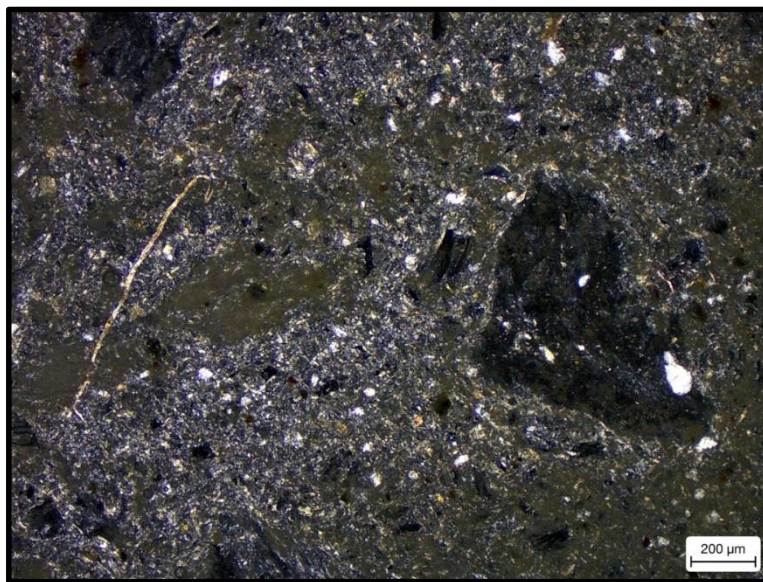
En lámina delgada podemos observar una Roca acida holohialina, de textura piroclástica, con matriz de ceniza volcánica. Con vesículas de bordes irregulares, casi en forma ovalada.

Tabla 9 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-03.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Fragmentos líticos y ceniza	60	Fragmentos líticos de toba, y ceniza fina presente como matriz.
Vidrio	20	Con abundantes vacuolas criptocristalinas de forma redondeada y subredondeada
Cuarzo	7	Microcristalino , subanguloso
Sericita	3	Microcristalina



Fotomicrografía 5 Sección delgada MTZ-03 tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 6 Sección delgada MTZ-03 tomada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-03.

Conforme a la clasificación de Schmid (1981) para tobas y cenizas, se clasificó como una Toba vítrea.

MUESTRA MTZ-04

Procedencia muestra MTZ-04.

La muestra MTZ-04 fue tomada en un afloramiento ubicado en las coordenadas geográficas UTM 14Q 517793, 2288828. La ruta de acceso es sobre la carretera federal 37 a 900 m al SE Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-04.

Roca de color gris con tonalidades pardas claras y grises pardas con tonalidades verdosas en la zona expuesta a la intemperie. Es una roca lodo soportada, se pueden observar algunos cristales alargados de calcita y laminaciones incompletas e incipientes. Roca compacta y competente.

En campo se realizaron las siguientes clasificaciones: se clasificó como una caliza margosa, debido al contenido de arcilla. De acuerdo a Dunham (1962) como Mudstone.



Foto 4 Muestra de mano MTZ-04.

Descripción microscópica muestra MTZ-04.

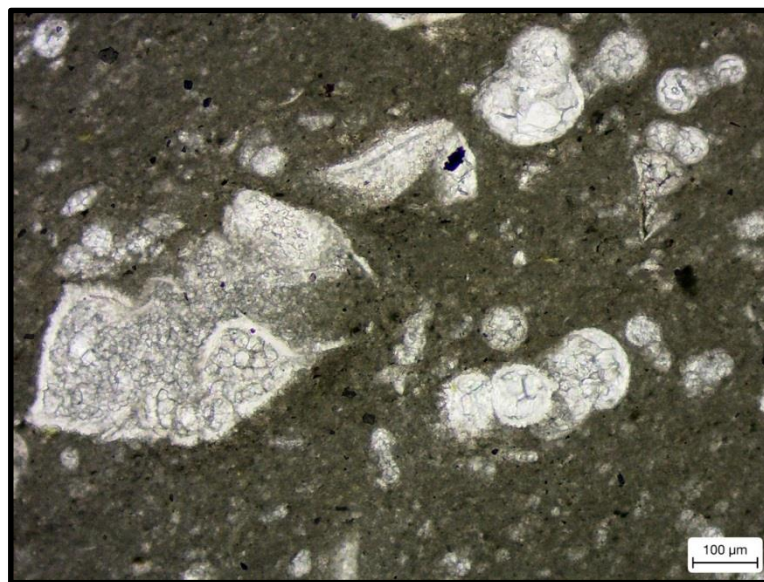
En lámina delgada presenta una textura no clástica, de constituyentes de tamaño psamíticos y en la cual no se pueden observar estructuras en su fábrica.

Tabla 10 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-04

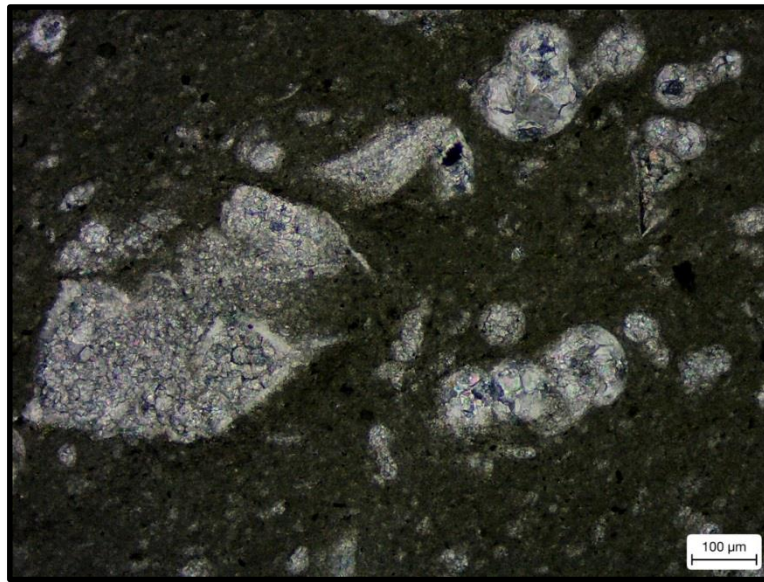
COMPOSICIÓN N	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	90	Matriz constituida principalmente de micrita.
Foraminíferos	7.5	Foraminíferos pelágicos de tamaño promedio de 0.33 (mm). Se encuentran flotando en la matriz. Se pueden observar bien conservados y algunos formado agregados. Los foraminíferos carenados son globorotálidos, los más pequeños son globigerínidos
Opacos	2.5	Se encuentran flotando superficialmente en la matriz, tienen un tamaño de

	tamaño $\leq 30 \mu\text{m}$ se presume son arcillas, resultado de la erosión de las rocas en contacto.
Porosidad	Porosidad muy baja y casi imperceptible debido a la homogeneidad de la roca
Cementante	Calcita como cementante intrapartícula, en forma de mosaico

Por el contenido fosilífero se asignó una edad de Cretácico tardío, Santoniano, Formado en ambiente Plataforma externa y cuenca intraplatafórmica de baja energía. Facies de Wilson (1975) de plataforma de mar abierto "open sea shelf". Pertenece a la Formación San Felipe.



Fotomicrografía 7 Sección delgada de la muestra MTZ-04, con objetivo 10x y Lp. Se puede observar foraminífero *Globotruncana*.



Fotomicrografía 8 Sección delgada de la muestra MTZ-04, con objetivo 10x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-04.

Micrita fosilífera según la clasificación de Folk (1959, 1962).

.MUESTRA MTZ-05

Procedencia muestra MTZ-05.

La muestra se recolecto en un afloramiento de corte litológico sobre la carretera federal 37 a 900 m al SE Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo. En las coordenadas UTM 14Q 517793, 2288828.

Descripción macroscópica muestra MTZ- 05.

La roca es de color gris con tonalidades verdes, adopta un color a la intemperie parda con tonalidades verdosas. Es una muestra lodo soportada, no presenta fósiles visibles a simple vista ni estructuras sedimentarias. Roca compacta.

Conforme a sus características se han realizado las siguientes clasificaciones en campo: Por contenido de arcilla como Caliza Margosa y respecto a Dunham (1962) como mudstone.



Foto 5 Muestra de mano MTZ-05.

Descripción microscópica muestra MTZ-05.

En sección delgada la muestra presenta una textura no clástica, de componentes psamíticos. Mantiene una relación matriz del 60 % con respecto a 40 % de esqueleto o Aloquímicos en el cual predominan los foraminíferos planctónicos. Se puede observar fragmentos de sílice, subanguloso.

Tabla 11 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-05.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	60	Matriz compuesta de micrita 30% y 10% de microespatita. Micrita resultado del desgaste de bioclastos, los cuales se pueden distinguir difuminados. La microespatita es

		debida a la recristalización calcita (neomorfismo). Cristales finamente cristalino euhedrales y anhedrales, con sobrecrecimientos paralelos en granos esqueléticos monocristalinos.
Foraminíferos	25	Foraminíferos planctónicos. Se reconocen principalmente uniseriales, Globigerínidos y Globotruncana.
Calciesferas	7.5	Se pueden observar en forma de amígdalas redondas por efecto de recristalización, en muy pocos especímenes
Arcillas	5	Dispersa en la matriz , de aspecto opaco
Cocolitos	2.5	Cocolitos Heliolítidos, indicadores de ambientes profundos y bajo contenido de Mg. Posible actividad volcánica lo que provoco su precipitación.
Porosidad		Porosidad media, Poros de 1 μm a 200 μm . De forma regularmente ecuanter. Porosidad intrapartícula e interpartícula principalmente, esta última presenta poros pequeños.
Compactación		Los Aloquímicos se encuentran flotando en la matriz, algunos de estos como los Foraminíferos Globotruncana se observan rotos.
Cementante		Cementante compuesto por calcita, principalmente intrapartícula, en cristales subhedrales y presentada en forma de mosaico.

Pertenece a la Formación Tamaulipas superior, reportada con una edad del Albiano–Cenomaniano, Léxico estratigráfico (1991), concordante a los fósiles contenidos. Formadas en un ambiente de Cuenca y en Facies de Wilson (1975) de Plataforma de mar abierto “Open Sea Shelf”. Se depositó en condiciones estables bajas en Mg y baja energía.



Fotomicrografía 9 Lamina delgada de la muestra MTZ-05 , objetivo 5x y LP. Se puede observar fauna pelágica.



Fotomicrografía 10 Lamina delgada de la muestra MTZ-05, objetivo 5x y Nx. Calciesfera con calcita intrapartícula, se observa sobrecrecimiento.

Clasificación de la muestra MTZ-05.

La clasificación de la muestra MTZ-05 de acuerdo a Folk (1959, 1962) es de Biomicrita de foraminíferos CON EXTRACLASTOS.

MUESTRA MTZ-06

Procedencia Muestra MTZ-06.

En la coordenadas geográficas UTM 14Q 517793, 2288828, se localiza un corte litológico sobre la carretera federal 37 a 900 m al SE Hualula, mpio. de Eloxochitlán Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-06.

La roca es de color gris verdoso con tonalidades blancas, adquiere una coloración gris verdosa a la intemperie. Roca lodo soportada, se observan cristales superficiales de calcita. La roca es compacta, masiva, y competente.

Conforme a sus características se han realizado las siguientes clasificaciones en campo: Por contenido de arcilla como Caliza Margosa y respecto a Dunham (1962) como mudstone.



Foto 6 Muestra de mano MTZ-06.

Descripción microscópica muestra MTZ-06.

En lámina delgada se observa que tiene una textura no clástica, psamítica. Presenta una relación del 95 % de matriz micrítica y en ella el 5% de esqueleto. Los Aloquímicos compuesta por sedimentos planctónicos.

Tabla 12 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-06.

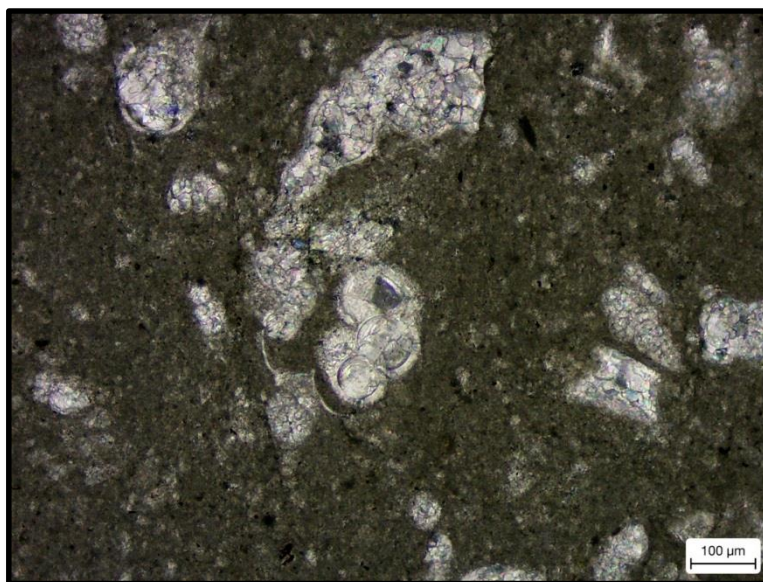
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	95	Matriz micrítica, con bajo o casi nula cantidad de microespatita.
Foraminíferos	2.5	Foraminíferos de 0.31 mm en promedio, Globotruncana principalmente y Globigerínidos
Cocolitos	1.5	Se pueden apreciar Heliolítidos, estructuras difusas. Fauna pelágica

Arcilla	1	Presente en matriz y en periferia de algunos foraminíferos, de aspecto opaco.
Porosidad		Porosidad muy baja , intrapartícula
Compactación		Los contactos entre los alquímicos son flotantes y algunos cóncavos
Cementante		Calcita anedral en forma de mosaico , intrapartícula

Por el contenido fosilífero se asignó una edad de Cretácico tardío, Santoniano, Formado en ambiente Plataforma externa y cuenca intraplatafórmica de baja energía. Facies de Wilson (1975) de plataforma de mar abierto “open sea shelf”. Pertenece a la Formación San Felipe.



Fotomicrografía 11 Lamina delgada MTZ-06, tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 12 Lamina delgada MTZ-06, tomada con objetivo 10x y Nc.

Clasificación de la muestra MTZ-06.

De acuerdo a la clasificación de Folk (1959,1962) Micrita Fosilífera de Foraminíferos.

MUESTRA MTZ-07

Procedencia muestra MTZ-07.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 518343, 2287095, la ruta de acceso es por la carretera Federal 37, a un kilómetro, aproximadamente, al SW de la comunidad de Huayateno, Mpio. de Metztitlán, Hgo. Afloramiento en lomerío.

Descripción macroscópica muestra MTZ-07.

Roca de color gris clara con tonalidades verdes, castañas y pardas. Y adopta un color gris verdosa sobre la superficie expuesta a la intemperie. La roca es frágil y deleznable. Se observan fracturas rellenas por limos

La clasificación en campo es Caliche.



Foto 7 Muestra de mano MTZ-07.

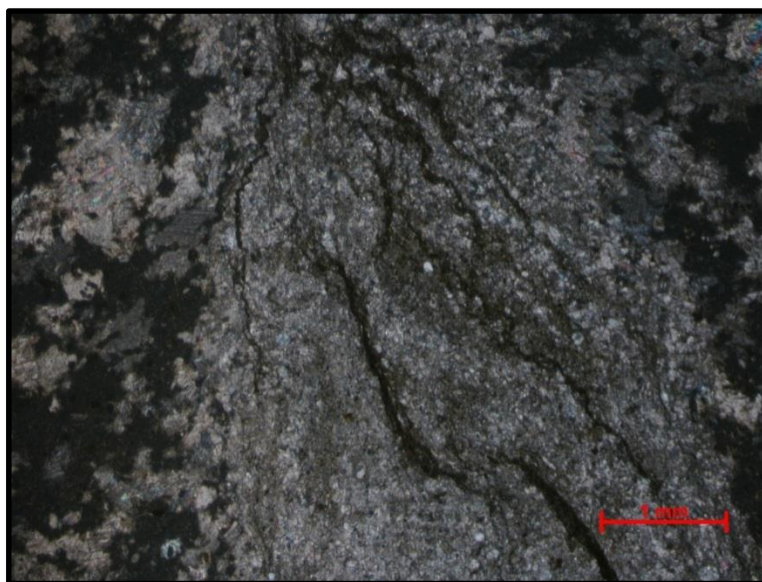
Descripción microscópica muestra MTZ-07.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	30	Microespatita muy finamente cristalina, relleno de poros interpartícula, presentando un mosaico pervasivo. Se pueden observar motes de micrita?

Calcita	60	Cristales subhedrales y anhedrales de calcita, textura xenotópica. Se presentan en mosaico y flotando en matriz, estos últimos en angulosos. El contacto entre los cristales es difuso regularmente pero se puede inferir en varios de los casos contactos largos
Arcilla	10	Arcilla se presenta en motes , flotando en matriz , interpartícula . de aspecto opaco.
Porosidad		Alta, poros tabulares de 600 μm , formadas por brechamiento
Compactación	-----	Los contactos son alargados
Cementante	-----	Cementante compuesto de calcita



Fotomicrografía 13 Lamina delgada MTZ-07, tomada con objetivo 2.5x y Lp.



Fotomicrografía 14 Sección delgada MTZ-07, tomada con objetivo 2.5x y Nx

Clasificación de la muestra MTZ-07.

Caliche

MUESTRA MTZ-08

Procedencia muestra MTZ-08.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 518343, 2287095. La ruta de acceso es por la carretera Federal 37 a un kilómetro, aproximadamente, al SW de la comunidad de Huayateno, Mpio. de Metztlán, Hgo. Afloramiento en lomerío. Afloramiento en lomerío.

Descripción macroscópica muestra MTZ-08.

Es una roca de color parda verdosa y en una zona meteorizada es parda con tonalidades verdosas, castañas y anaranjadas. Roca lodo soportada, se pueden observar algunos microfósiles, sin poder clasificarlos, no presenta estructuras sedimentarias. Es una roca compacta y masiva.

De acuerdo a los criterios de Clasificación de Dunham (1962) , se ha clasificado la roca como un wackestone.

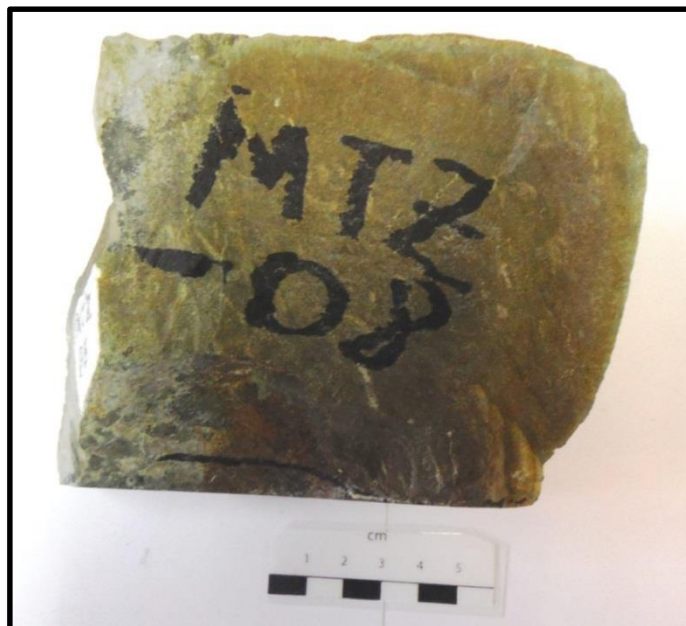


Foto 8 Muestra de mano MTZ-08

Descripción microscópica muestra MTZ-08.

Se pueden observar una textura no clástica, de componentes psamíticos. Contiene abundantes fósiles pelágicos. Se puede observar laminación de los aloquímicos, denominado lecho heterolítico “Heterolithic bedding”, e indica un entorno deposicional donde fluye la corriente (Flügel, 2004) .Se han podido encontrar parte de los aportes de cuarzos redondeados.

Tabla 13 Componentes observados en petrografía de la sección delegada MTZ-08.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	15	La matriz pseudoespática, con presencia de materia orgánica. Y arcillas.

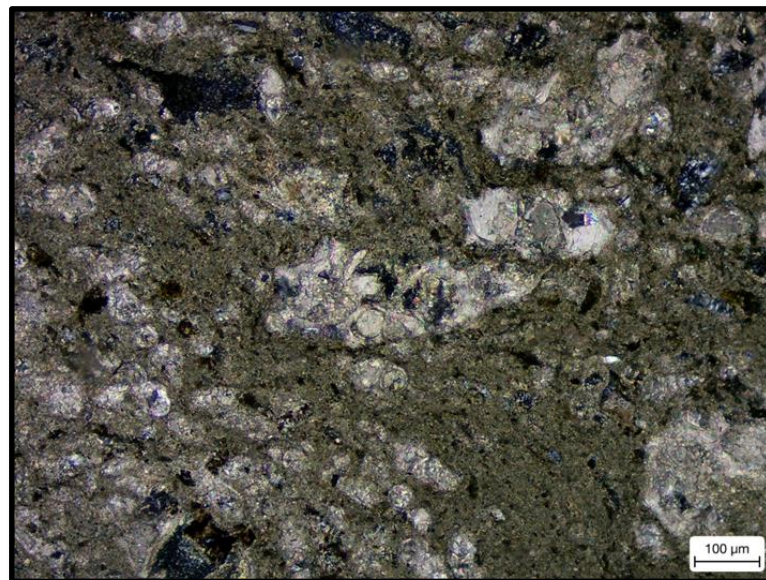
		En algunos aloquímicos la matriz a invadido partes de su estructura
Foraminíferos	30	No se encuentran completos, se encuentran rotos e invadidos por matriz. Globotruncana y Praeglotruncana
Calciesferas	50	Abundantes Calciesferas cementadas por calcita, con algunos sobrecrecimientos e invasión de matriz.
Opacos.	5	Opacos se encuentran dispersas en la matriz, posiblemente materiales arcillosos.
Porosidad		Por disolución en cavernas e intrapartícula.
Compactación	-----	Contactos flotantes y cóncavos
Cementante	-----	Se pueden observar algunos sobrecrecimientos

La muestra pertenece a la Fm. San Felipe, con una edad aproximada del de Cretácico Superior (Santoniano–Machistriano). Desarrollado en un ambiente de formación de plataforma, debido a la acción de un flujo en facies de Wilson

(1975) numero 7, plataforma de circulación abierta (shelf lagoon open circulation).



Fotomicrografía 15 Sección delgada observada con objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 16 Lamina delgada MTZ-08, tomada con objetivo 10x-Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-08.

Conforme a los criterios de clasificación de Folk (1959, 1962), se ha determinado como una Biomicrita de Calciesferas.

MUESTRA MTZ-09

Procedencia muestra MTZ-09.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14 Q 518343,2287095. La ruta de acceso es por la carretera Federal 37 a un kilómetro, aproximadamente, al SW de la comunidad de Huayateno, Mpio. de Metztlán, Hgo. Afloramiento en lomerío.

Descripción macroscópica muestra MTZ-9.

Es de color castaño claro en zona fresca y al intemperismo presenta un color pardo castaño. Muestra lodo soportada, se observan marcas de cristales, y karsticidad incipiente. La roca es compacta y masiva.

De acuerdo a los criterios de clasificación de Dunham (1962) se ha clasificado a la muestra como un Mudstone.



Foto 9 Muestra de Mano MTZ-09.

Descripción microscópica muestra MTZ-09.

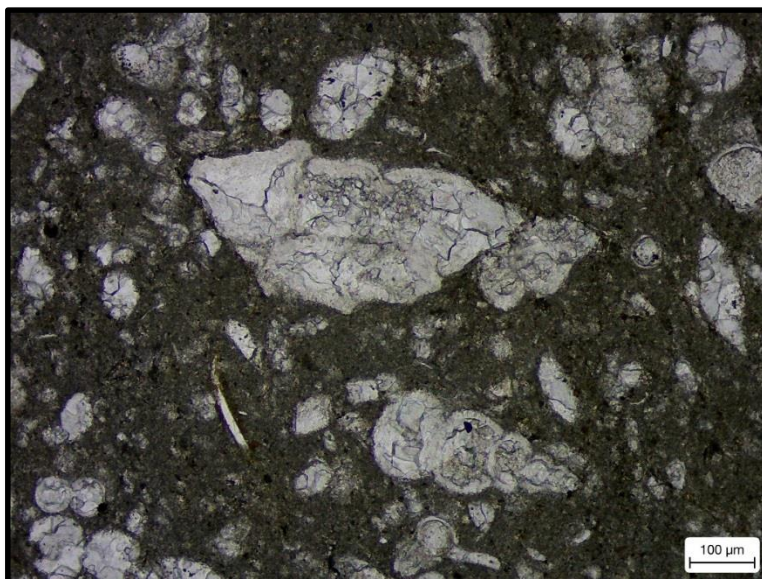
Roca de textura no clástica, con componentes psamíticos, no se observan estructuras en sección delgada. Incipiente vetilleo relleno de calcita.

Tabla 14 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-09.

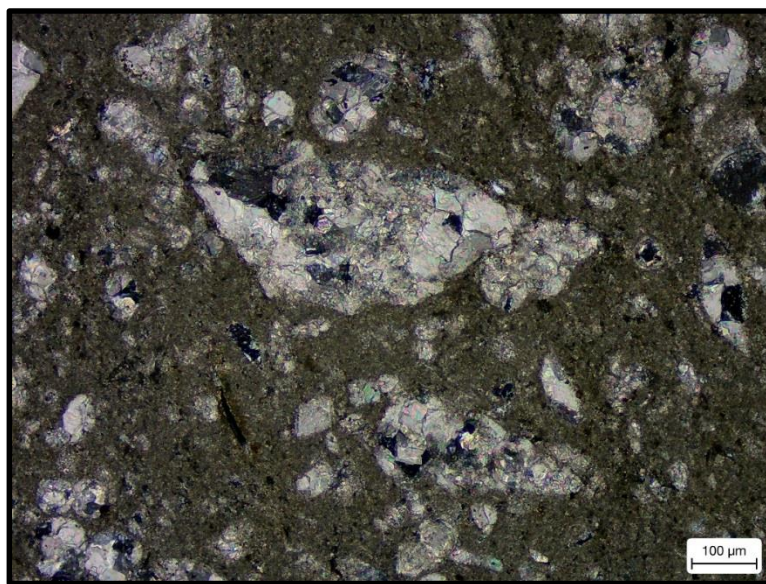
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	40	Matriz micrítica predominantemente. Con bajo contenido de arcillas y se encuentran posibles manifestaciones de aceite? Existe presencia de pseudoesparita dentro de aloquímicos lo que posiblemente este creando inestabilidad y disolución de estos.
Foraminíferos	20	Se pueden observar flotando sobre la matriz de micrita. Se encuentran recristalizados, en algunos solo se puede observar algunos relictos de su estructura interna. Foraminíferos multicamara triseriales.
Calciesferas	30	Las calciesferas se encuentran flotando dentro de la matriz y en contacto cóncavo con otras

		calciesfera. En general se encuentran bien conservados.
Porosidad	10	Intrapartícula predominantemente e interpartícula
Compactación	----- --	Contactos flotantes y cóncavos
Cementante	----- --	Calcita en aloquímicos, en forma de mosaico. En cristales anhedrales.

Rocas de la Formación San Felipe, de edad relativa entre el Santoniano–Machistriano. Formados en un ambiente de plataforma externa y cuenca intraplatafórmica. En la secuencia de Facies de Wilson (1975) se puede ubicar entre las facies 2 y 3, plataforma de mar abierto y plataforma de margen profunda (Open sea shelf y Deep shelf margin).



Fotomicrografía 17 Lamina delgada MTZ-09, tomada con objetivo 10x y Lp



Fotomicrografía 18 Sección delgada MTZ-09, tomada con objetivo 10x y Nx

Clasificación de la muestra MTZ-09.

De acuerdo a la clasificación de Folk (1959, 1962) se ha determinado como una Biomicrita de foraminíferos.

MUESTRA MTZ-10

Procedencia muestra MTZ-10.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 518343, 2287095. El acceso es por la carretera Federal 37 a un kilómetro, aproximadamente, al SW de la comunidad de Huayateno, Mpio. de Metztlán, Hgo. Afloramiento en lomerío.

Descripción macroscópica muestra MTZ-10.

Al intemperismo presenta un color castaño claro con algunas tonalidades oscuras, en zona fresca es de color gris claro. Lodo soportada, se puede

observar marcas por Karsticidad y de la denominada “piel de elefante”. Se presentan Vetillas de Calcita.

La roca en campo se clasifico en base a los criterios de Dunham (1962) como un Mudstone.



Foto 10 Muestra de mano MTZ-10.

Descripción microscópica muestra MTZ-10.

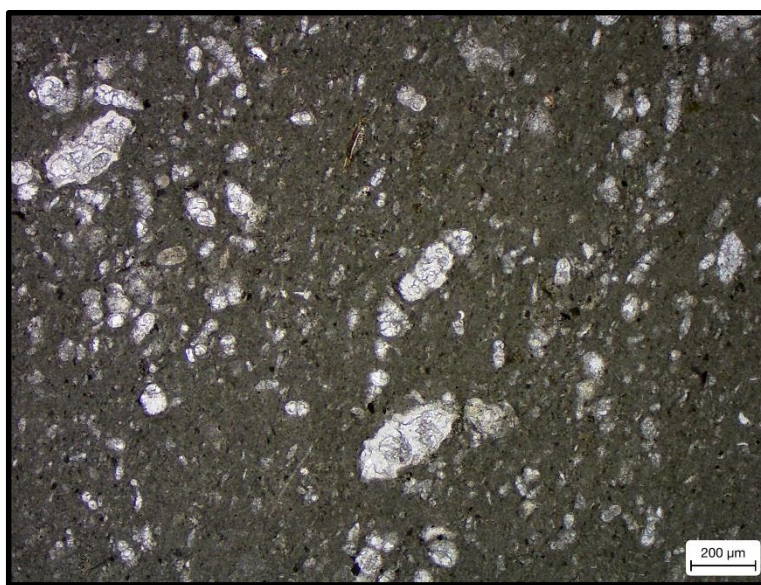
En sección delgada la roca presenta una textura no clástica. No se observa estructuras dentro de la sección delgada. Algunos aloquímicos se encuentran incompletos.

Tabla 15 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-10

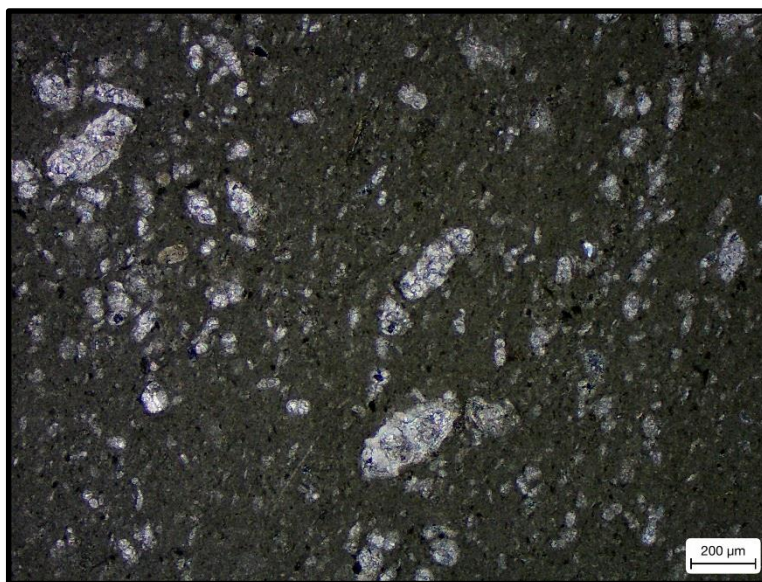
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	60	Matriz principalmente micrítica, se pueden observar algunos filamentos y contenido de arcilla. Invasión incipiente de matriz en aloquímicos.

Foraminíferos	15	Foraminíferos <i>Globotruncana</i> , en general se encuentran bien conservados, y se puede distinguir su estructura.
Opacos	7.5	Se encuentran dispersos en matriz principalmente, se observan redondeados y en filamentos. Posiblemente componentes arcillosos.
Calciesferas	15	Calciesferas completas y rotas, en general rellenas de calcita y pseudoesparita.
Porosidad	2.5	Intrapartícula
Compactación	-----	Contactos flotantes y cóncavos
Cementante	-----	Cristales anhedrales en aloquímicos, calcita neomórfico finamente cristalina.

Roca de la Formación San Felipe, de edad relativa del Santoniano–Machistriano Formados en un ambiente de plataforma externa y cuenca intraplatafórmica. En la secuencia de Facies de Wilson (1975) se puede ubicar en la facies 2, plataforma de mar abierto (Open sea shelf).



Fotomicrografía 19 Sección delgada MTZ-10, tomada con objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 20 Lamina delgada MTZ-10, observada con un opjetivo 10x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-10.

Conforme a los criterios de Folk (1959, 1962) se clasifica a la muestra como una Biomicrita de foraminíferos.

MUESTRA MTZ-11

Procedencia muestra MTZ-11.

La Muestra MTZ -11 se localizó en las coordenadas UTM 14Q 518343 y 2286948. El acceso es por la carretera Federal 37, salir a camino de terracería frente a campos de cultivo al SW de la comunidad de Huayateno, Mpio. de Metztlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-11.

La muestra presenta color gris a castaña clara por efectos de la intemperie, en parte fresca la muestra es de color gris verdosa a castaña con motes blancos-

Roca lodo soportada, contiene una porción considerable de arcilla, y bastante calcita presumiblemente secundaria, roca compacta con cierto grado de silicificación.

De acuerdo al contenido de arcilla se clasifico como una Marga. Conforme a los criterios de Clasificación de Dunham (1962) como un Mudstone.

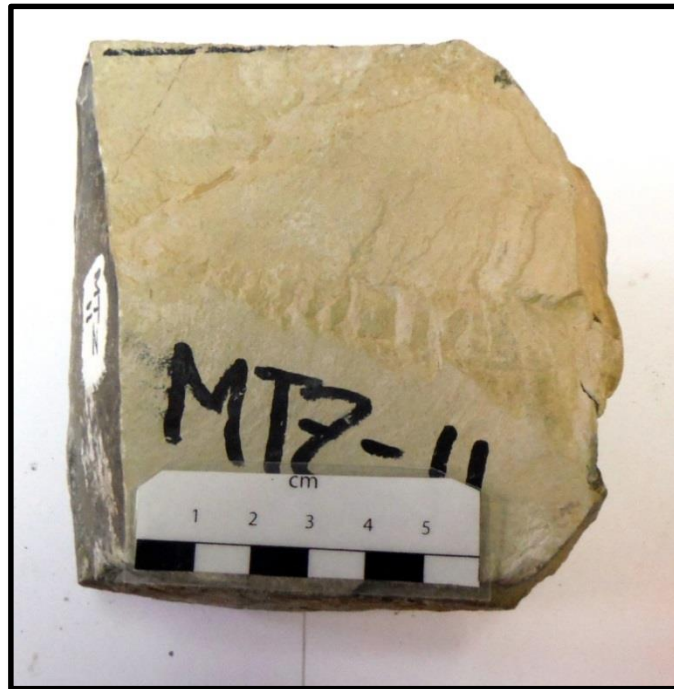


Foto 11 Muestra de Mano MTZ-11.

Descripción microscópica muestra MTZ-11.

Se observa gran aporte de terrígenos en sección delgada, moderadamente bien a moderadamente seleccionados. Con presencia de opacos, óxidos y arcillas.

Se pueden observar algunos agregados cristalinos de calcita espática y de manera incipiente intraclastos líticos subanguloso presumiblemente de caliza.

En foraminíferos se puede observar fosfatos intrapartícula.

Tabla 16 Componentes Observados en Petrografía de la sección delgada MTZ-11.

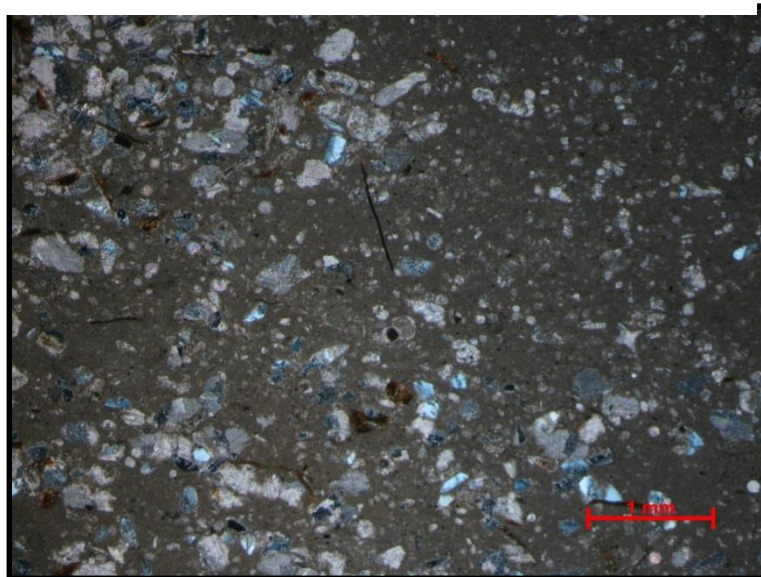
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	25	Matriz micrítica y pseudoesparita. La matriz invade a los aloquímicos. Pseudoesparita de origen neomórfico, muy finamente cristalinos
Bioclastos	10	Presumiblemente de foraminíferos planctónicos, recristalizados, rellenos de pirita sedimentaria intrapartícula.
Calciesferas	15	Calciesferas con contactos tangenciales y cóncavos.
Plagioclasas?	15	Plagioclasa angulosa, subhedral, intemperizados solo en una zona de su periferia. Plagioclasa autógeno?
Opacos	5	Dispersos en matriz,
Agregados Cristalinos	30	Calcita? , anhedral interpartícula de 0.5 [mm]
Porosidad		Porosidad intrapartícula en micro fracturas.
Compactación	-----	Contactos cóncavos , tangenciales y flotantes

Cementante	-----	Calcita microcristalina
	-	

El ambiente propuesto es de plataforma externa en cercana a la base de talud, no se descarta un origen turbidítico. La secuencia de facies de Wilson (1975) se ubica en la secuencia 2, Plataforma de mar abierto (Open sea Shelf). Formación San Felipe de edad Santoniano-Machistriano.



Fotomicrografía 22 Sección delgada MTZ-11 , tomada con objetivo 2.5x y Lp.



Fotomicrografía 21 Sección delgada MTZ-11 , tomada con objetivo 2.5x y Lp.

Clasificación de la muestra MTZ-11

La roca se ha determinado conforme a Folk (1959,1962), como una Biomicrita.

.MUESTRA MTZ-12

Procedencia muestra MTZ-12.

La muestra MTZ-12 se localizó en las coordenadas UTM 14 Q 517713, 2285384, En la comunidad de Tlacotepec, Mpio. de Metztlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-12.

Es una roca de color gris verdoso claro que cambia a un color castaño rojizo en zona expuesta a la intemperie. Es una roca lodo soportada, contiene abundantes vetas y vetillas de calcita. En el afloramiento se encuentra intercalada con arcilla.

De acuerdo a la clasificación de Dunham 1962 esta muestra se clasificó como un mudstone



Foto 12 Muestra de mano MTZ-12.

Descripción microscópica muestra MTZ-12.

En sección delgada la muestra presenta una textura no clástica. Los aloquímicos presentan una orientación preferencial, lo que puede representar causado por un flujo o deformación.

Se puede observar la relación con los cuerpos volcánicos que se encuentran en su cercanía, ya que se observa aporte a la roca calcárea.

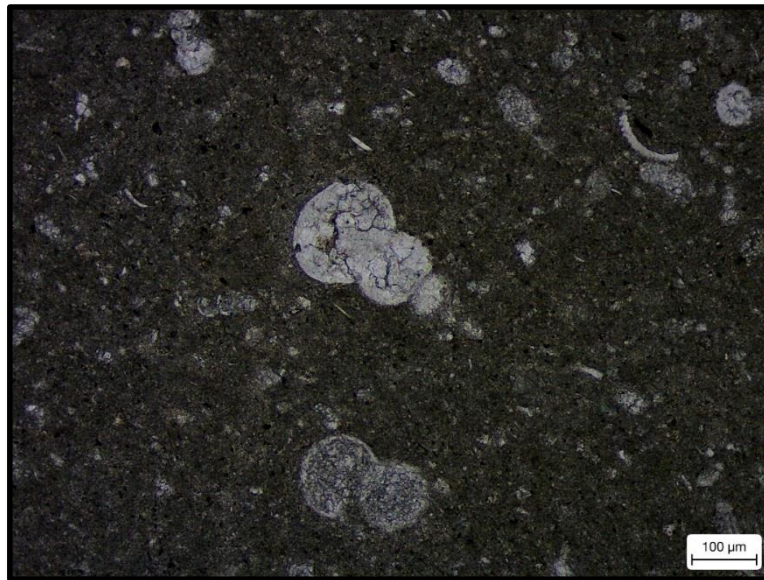
Es posible apreciar el contenido de materia orgánica en fractura, la cual está siendo afectada su porosidad por la precipitación de calcita.

Tabla 17 componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-12.

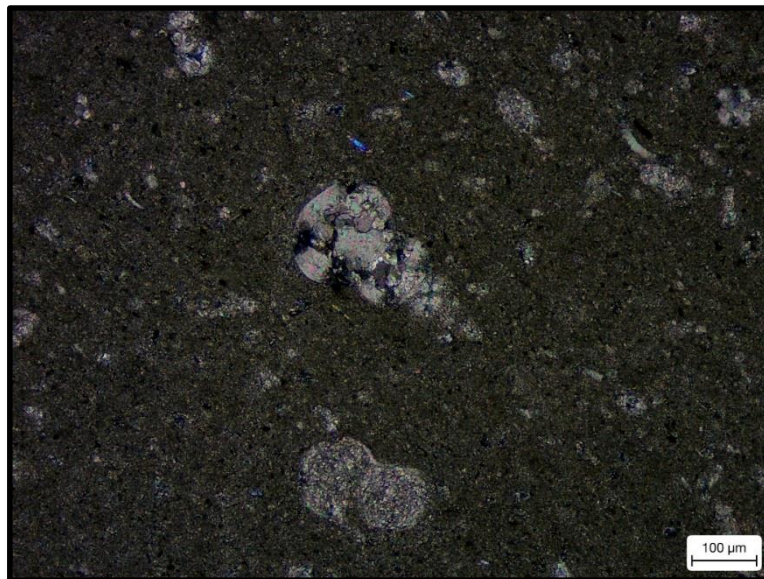
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	90	Matriz pseudoesparita principalmente, aunque aún conserva micrita.
Foraminífero	5	De tamaño en promedio de 0.32 mm. Los foraminíferos se encuentran

		flotando en la matriz micrítica. Foraminíferos multicamara biseriales y triseriales. Heterohelix
Bioclastos	1	No se encuentran completos , son pequeños , 50 [μm]
Calciesferas	2.5	Flotando en matriz, con cierto grado de recristalización, de espatita neomórfico.
Extraclastos	0.5	Aporte de terrígenos, se puede apreciar cristal anhedral y anguloso de piroxeno.
Porosidad	1	En canales limitadas por la precipitación de calcita. También porosidad intrapartícula.
Compactación	-----	Contactos flotantes, se aprecia orientación preferencial
Cementante	-----	Principalmente calcita, neomórfica, muy finamente cristalina, se puede observar sobrecrecimiento.

Se puede calcular una edad relativa de la muestra comprendida entre el Santoniano-Machistriano. Es parte de la Formación San Felipe. El ambiente pertenece a plataforma externa y cuenca intraplatafórmica. En la secuencia de Facies de Wilson (1975) se puede ubicar en la facies 3, plataforma de margen profunda (Deep Shelf Margin).



Fotomicrografía 24 Lamina delgada MTZ-12, observada con un objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 23 lamina delgada MTZ-12, observada con objetivo 10x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-12.

Se determina conforme a los criterios de Folk (1959,1962) como una Micrita Fosilífera de Foraminíferos.

MUESTRA MTZ-13

Procedencia muestra MTZ-13.

La muestra se localizó en la comunidad de Tlacotepec, Mpio. de Metztlán Hgo. En las coordenadas UTM 14Q 517713,2285384.

Descripción macroscópica muestra MTZ-13.

Es una roca de color oscuro con tonalidades naranjas y a la meteorización responde con una coloración castaña oscura con tonalidades blancas, esta última debido a una capa de caliche. Es de textura afanítica, en ciertas aún se pueden observar algunas vesículas. La composición es de minerales máficos. La roca es compacta.



Foto 13 Muestra de mano MTZ-13

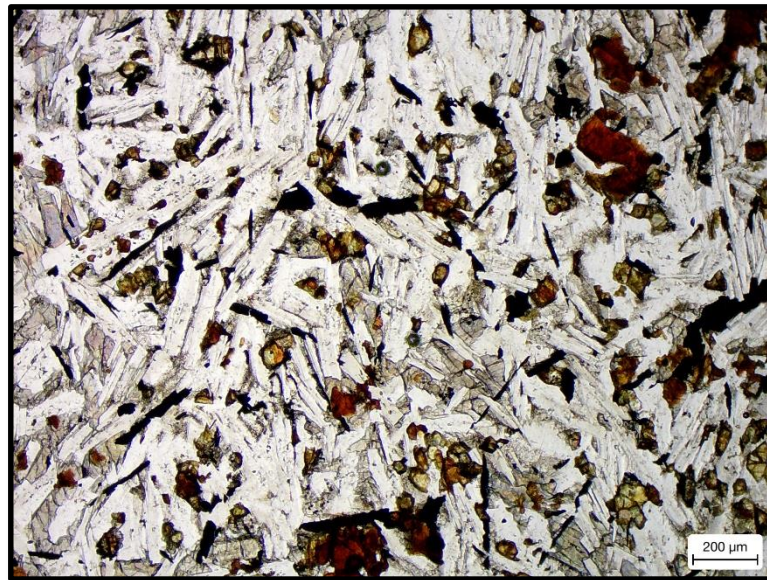
Descripción microscópica muestra MTZ-13.

Roca básica holocristalina con fabrica inequigranular de textura Poiquilitica e intergranular, es posible observar algunas amígdalas rellenas de celadonita. Compuesta principalmente por fenocristales de Plagioclasa, Piroxenos, Olivino. Como minerales secundarios, se aprecian sericita. La matriz es compuesta por plagioclasa alargada rodeando a los fenocristales de Piroxeno y Olivino.

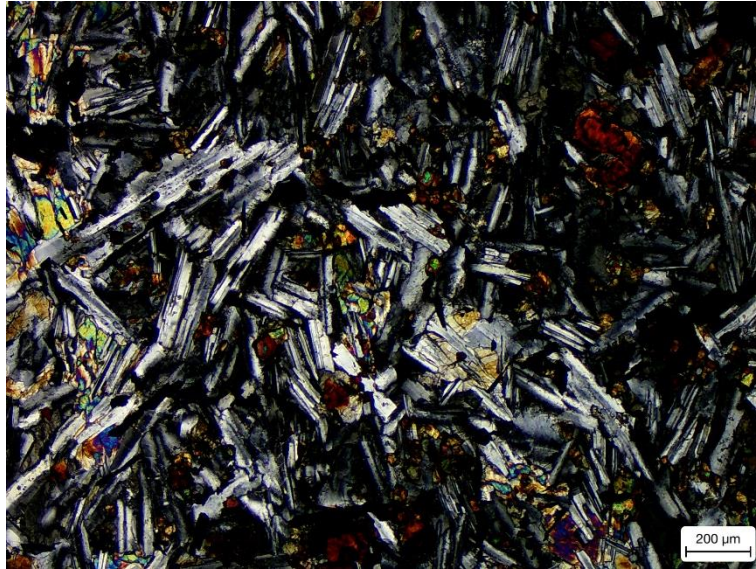
Tabla 18 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-13

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Plagioclasa	50	Las plagioclasas microcristalina, euهدral. Cristales alargados con maclas de polisintéticas, se observan en algunas partes muy intemperizadas.
Olivino	25	El olivino de grano fino, subhedrales, que se encuentran en contacto con

		plagioclasa de manera intergranular. Se observa zoneamiento e intemperización.
Piroxenos	15	Ortopiroxeno de grano fino, anhedral e intemperizados. Presentes de manera Poiquilitica.
Opacos	10	Los minerales opacos microcristalinos, posiblemente óxidos de hierro.



Fotomicrografía 25 Lamina delgada MTZ-13, tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 26 Lamina delgada MTZ-13, tomada con objetivo 5x y Lp.

Clasificación de la muestra MTZ-13.

La muestra se ha clasificado como un basalto.

MUESTRA MTZ-14

Procedencia muestra MTZ-14.

En las coordenadas UTM 14 Q 517750, 2278908, se localizó la muestra MTZ-14. Ruta de acceso es por la carretera Ixmiquilpan- Metztitlán, al W de Atzolcintla, Mpio. de Metztitlán Hgo., en punto referido como “Pinturas Rupestres Chipeco”. Es un afloramiento en cerro a pie de carretera.

Descripción macroscópica muestra MTZ-14.

Es una roca de color oscuro con tonalidades verdosas y responde ante la meteorización con un color oscuro con tonalidades castañas. Es de textura afanítica y no se distinguen estructuras algunas. Es una roca compacta



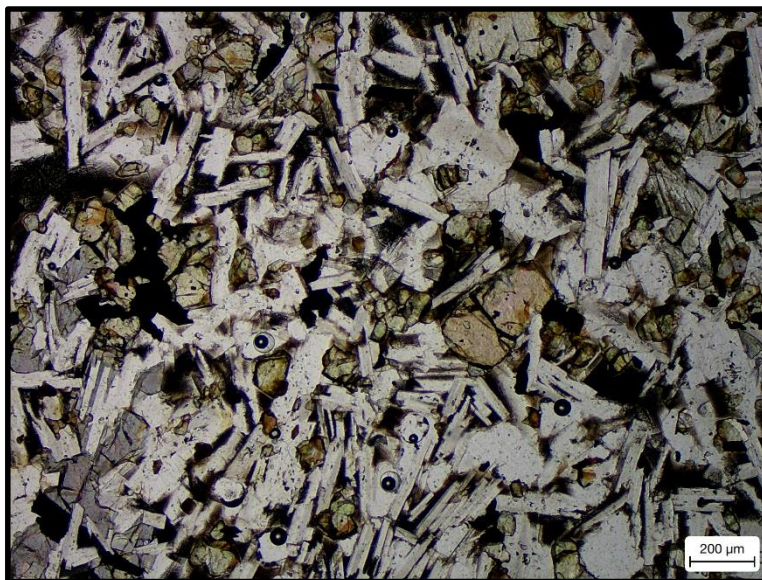
Foto 14 Muestra de mano MTZ-14.

Descripción microscópica muestra MTZ-14.

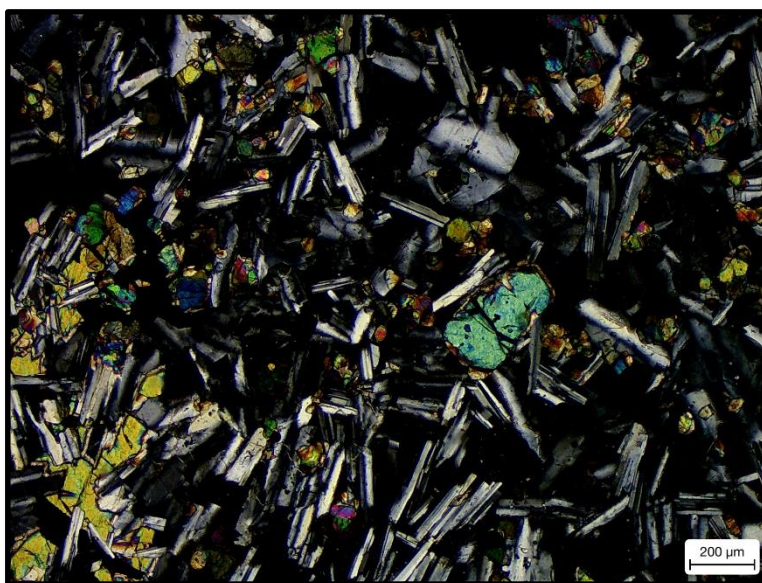
Roca básica holocristalina con fabrica inequigranular de textura ofítica e Intersertal. Compuesta principalmente por fenocristales de Plagioclasa, Piroxenos, Olivino. La matriz es compuesta por plagioclasa alargada sobre fenocristales de Piroxeno y Olivino.

Tabla 19 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-14.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Plagioclasa		Plagioclasa microcristalina, de forma subhedral, en cristales alargados, en algunos con contactos engolfados. Con textura Intersertal.
Piroxenos		Presencia de Ortopiroxeno y augita (Clinopiroxeno). En textura ofítica. Ortopiroxeno Microcristalino , de forma subhedrales Augita de grano fino de forma anhedral
Olivino		Microcristalino , subhedral
Opacos		Se comporta como vidrio, de manera Intersertal.
Vidrio??		Vidrio pardo de textura Intersertal



Fotomicrografía 27 Lamina delgada MTZ-14, observada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 28 Lamina Delgada MTZ-14, observada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-14

Basalto

MUESTRA MTZ-15

Procedencia muestra MTZ-15.

En las coordenadas UTM 14 Q 517750, 2278908, se localizó la muestra MTZ-14. Ruta de acceso es por la carretera Ixmiquilpan- Metztitlán, al W de Atzolcintla, Mpio. de Metztitlán Hgo., enfrente al punto referido como “Pinturas rupestres Chipeco”, Afloramiento en cerro.

Descripción macroscópica muestra MTZ-15.

Es una roca de color gris a castaño en la zona fresca y presenta una pátina de color castaño oscuro con tonalidades blancas. Roca lodo soportada, con importante contenido de fósiles y vetillas de calcita, se observa karsticidad en la roca, “piel de elefante”. Roca competente.



Foto 15 Muestra de mano MTZ-15.

Descripción microscópica muestra MTZ-15.

La roca presenta una textura lodosoportada, no clástica, con componentes psamíticos, con mala selección. Se puede observar estructuras “birds eyes” y abundantes vetillas de calcita algunas cortando a los aloquímicos.

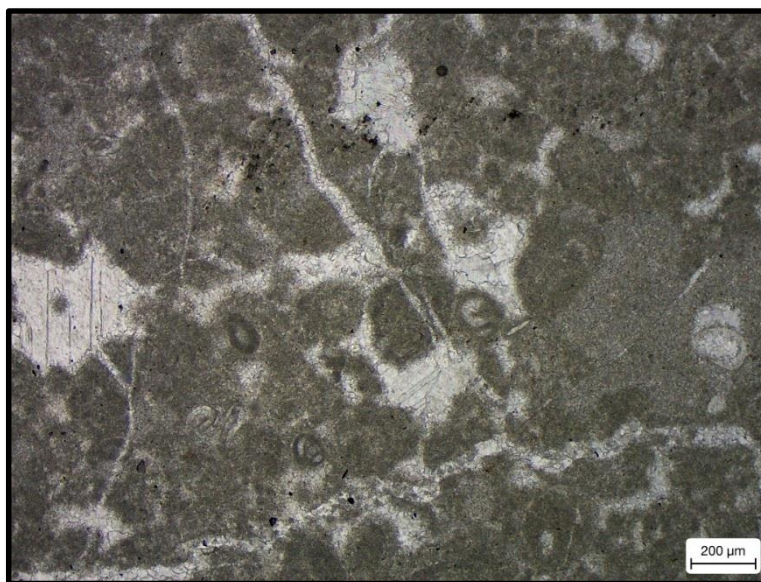
Tabla 20 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-15.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	10	La matriz micrítica y , de pseudo espatita. En “birds eyes” precipitación de espatita. La micrita invade a los aloquímicos.
Pellets	40	Los pellets son el grupo más abundan. Tienen un tamaño promedio de 0.12 (mm). Se presentan formando grapestones o en forma individual.
Oolitos	20	Los Oolitos tienen un tamaño promedio de 0.53 [mm]. Se observan deformados y son cortados por vetas por lo que no se muestra completa la estructura. Oolitos normales ya que presenta tres láminas concéntricas, las que se unen en la parte inferior. Se observa una textura compuesta, ya que se puede apreciar una microfábrica tangencial y radial, lo que indica energía baja y energía media con movimientos oscilatorios. El núcleo está relleno de micrita, la estructura interna no se puede determinar, por el grado de micritización que presenta. Los Oolitos se encuentran en contacto alargados con los demás aloquímicos
Oncolitos	10	Tienen un tamaño promedio de 0.22 (mm). Se encuentran micritizados y no se distingue el núcleo y algunos las laminaciones son burdas. Se encuentran en contacto alargados con

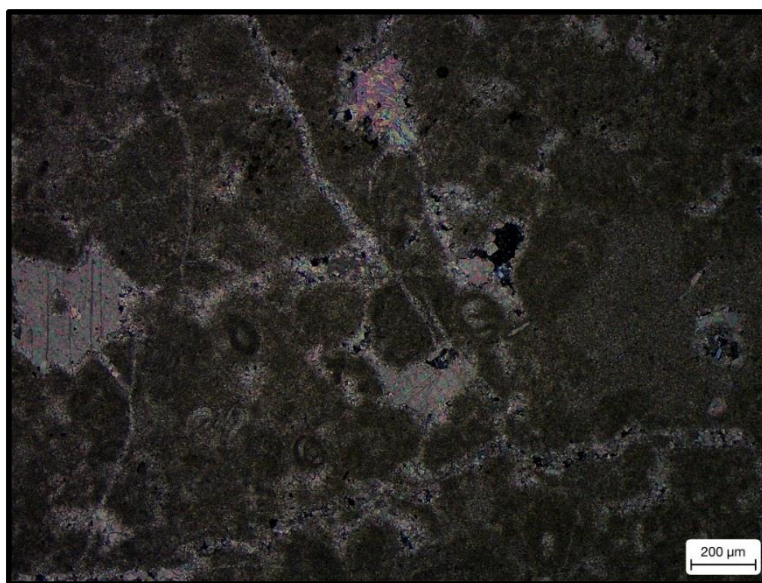
		los demás alquímicos y algunos se cóncavos-convexos.
Foraminíferos	5	Miolidos conservados, algunos cubiertos por micrita.
Porosidad	5	La porosidad de la roca es baja , y principalmente es primaria , interpartícula aunque no se descarta porosidad debido al fracturamiento
Compactación	----- --	Se observa proceso de compactación , debido a que existen aloquímicos deformados , alargados y rotos ,
Cementante	----- --	Calcita euhedral y subhedral, granular, interpartícula e intrapartícula.

Los aloquímicos presentes en la muestra, son registrados regularmente en aguas someras, intramareales y supramareales de baja energía.

El Ambiente propuesto es lagunar y retroarrecifal. La secuencia de facies de Wilson (1975) se ubica entre 8 y 5, Plataforma de circulación restringida y Acumulación orgánica (Restricted circulation shelf tidal flats y organic build up). Edad comprendida entre el Albiano y Cenomaniano del Cretácico Superior. Muestra de la Formación el Abra.



Fotomicrografía 29 Lamina delgada MTZ-15, tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 30 Lamina delgada MTZ-15 , tomada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-15

Conforme a los criterios de clasificación de Folk (1959,1962) se determinó como una Pelmicrita de pellets.

MUESTRA MTZ-16

Procedencia muestra MTZ-16.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 525788, 2275246, la ruta de acceso es por la carretera Federal 37, a dos kilómetros aproximadamente, al SE de Metztitlán, Hgo. El afloramiento se encuentra expuesto enfrente de campos de cultivo, dentro de un conjunto de laderas.

Descripción macroscópica muestra MTZ-16.

Es una roca de color parda con tonos grises y responde a la intemperie con una coloración castaña clara con tonalidades rojizas y paradas. Se observa mal seleccionada.

Está compuesto por clastos angulosos a subredondeados que oscilan entre los 1 y 8 (cm) y se presentan en forma tabular o discoidal. Los clastos se encuentran en una matriz arcillosa calcárea con abundantes óxidos, ya que presenta una coloración rojiza. Se observa una imbricación burda de 0 a 20° (imbricación marina).

Los clastos son compuestos principalmente por caliza y pedernal, presumiblemente formaron parte de la Formación Tamaulipas Sup.



Foto 16 Afloramiento donde se recolectaron la muestra MTZ-16.

Descripción microscópica muestra MTZ-16.

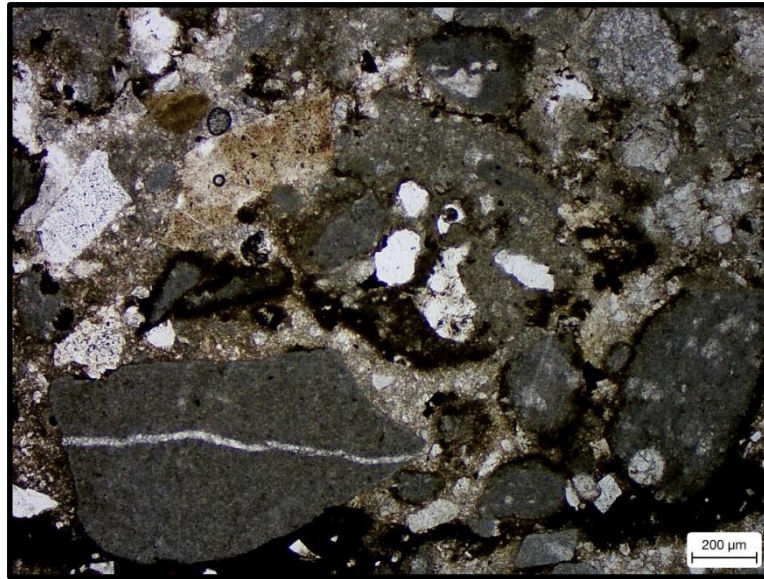
Es una roca de textura clástica, muy mal seleccionada con una matriz calcárea, con óxidos y arcillas dispersas dentro de toda la lámina y contenido de clorita incipiente. No se observa imbricación en sus clastos o algún tipo de orientación.

Tabla 21 componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-16.

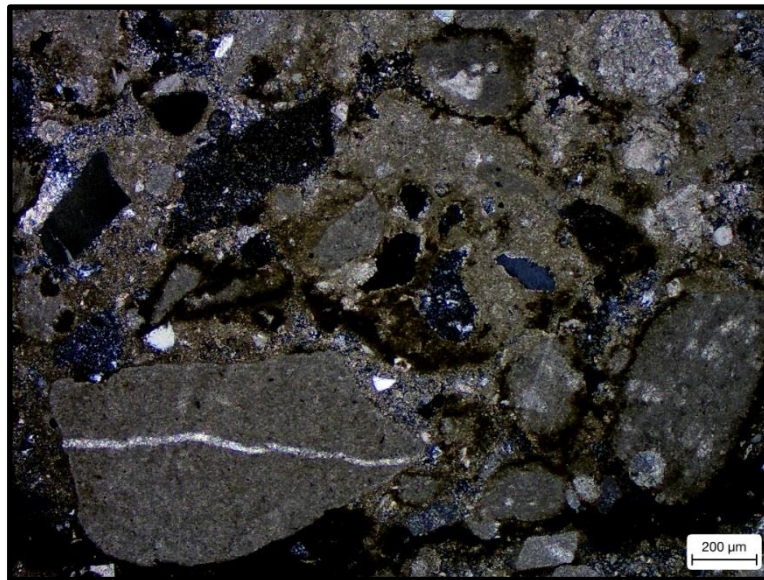
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	10	Matriz Calcárea, arcillas y óxidos.
Caliza	60	Fragmentos de Caliza con micrita y pseudomicrita, se aprecian calciesferas y lentes redondeados de pedernal dentro de caliza y vetillas de calcita. La forma de los clastos va desde angulosos a redondeados, los angulosos son mayor tamaño (hasta 9 [mm]) de aspecto rojizo probablemente por mayor contenido de óxidos y los redondeados son los de menor dimensión, de coloración oscura. Se encuentra en contacto flotante dentro de la matriz En los bordes se puede observar arcilla y óxidos.
Pedernal	25	Tiene un tamaño aproximado de 0.5 (mm), es anguloso y algunos subredondeados de forma tabular. Se encuentra en contacto flotante dentro de la matriz
Dolomita	1.5	Se observan cristales diseminados dentro de algunos clastos de caliza son cristales euhedrales en forma de rombo , presenta un tamaño aproximado de 0.1 (mm)
Calcita		Calcita euhedral, redondeada y alargada flotando dispersa dentro de matriz.

El ambiente de depósito es de origen fluvial, de aporte cercano a la fuente, no excede los 11 km. El conglomerado ha sido denominado como Conglomerado Metztitlán.

La edad de la Formación Metztitlán se ha calculado en base del método de datación por K-Ar y por estudio palinoestratigrafico, se ha calculado una edad de Neógeno–Plioceno (Hernández Treviño, 1991).



Fotomicrografía 31 Lamina delgada MTZ-16, observada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 32 Lamina delgada MTZ-16 observada con objetivo 5x y Lp.

Clasificación de la muestra MTZ-16

Conforme a las características descritas se ha clasificado como un conglomerado Intraformacional.

MUESTRA MTZ-17

Procedencia de la muestra MTZ-17.

En un ex banco de materiales, localizado en las coordenadas UTM 14 Q 525788 , 2275246 , sobre la carretera federal 37 , aproximadamente a 2 Km al SE de Metztlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-17.

Es una roca de color gris con tonalidades claras y presenta una coloración castaño pardo con tonalidades anaranjadas como respuesta a la intemperie, en algunas zonas de la parte fresca es posible observar manchones oscuros. Roca lodo soportada, microcristalina, no es posible observar fósiles.

La roca es compacta competente y angulosa, se pueden observar disolución en la muestra. El afloramiento muestra estratos gruesos y se pueden observar pliegues recostados cerrados, y fallas.

La muestra fue clasificada en campo de acuerdo a los criterios de Dunham (1962) en Mudstone.



Foto 17 Muestra de mano MTZ-17.

Descripción microscópica muestra MTZ-17

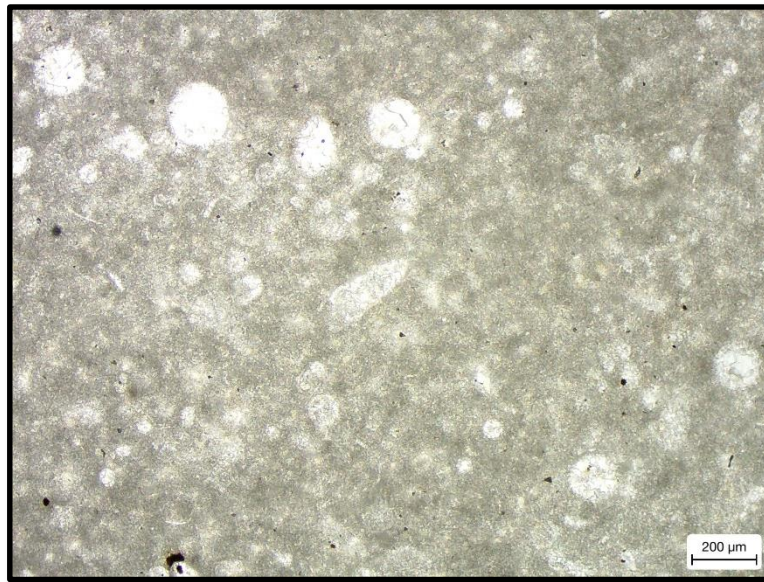
Se observa muestra lodosoportado por una matriz micrítica, son elementos bien seleccionados. En matriz se puede observar componentes opacos, de los cuales se infiere son arcillas. La presencia de espículas de origen síliceo pudo propiciar la presencia de pedernal.

Tabla 22 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-17.

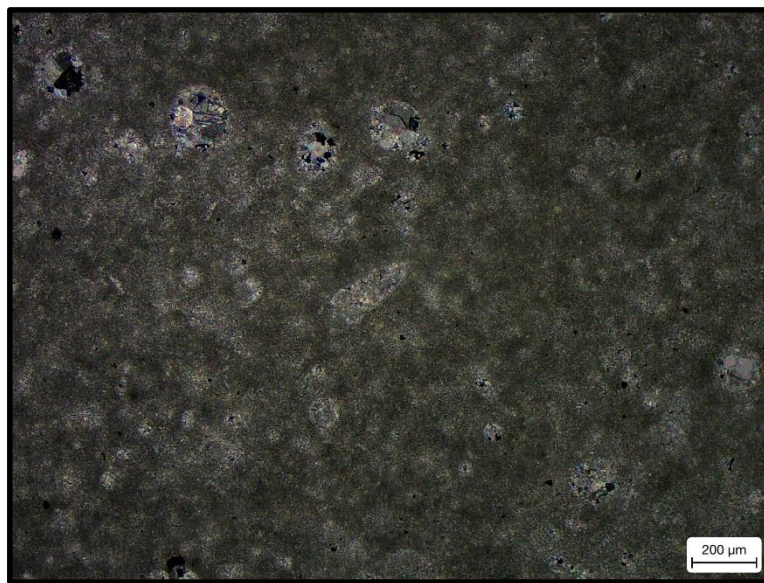
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	87	Matriz principalmente micrita , cubre gran parte de los granos aloquímicos.
Calciesferas	7	Se encuentra en contacto flotante con la matriz y menor proporción en contacto tangencial los de menor tamaño. Presenta recristalización parcial y total.
Titinidos	0.5	Se encuentran flotando de dentro de la matriz, tienen un tamaño promedio de 0.12 (mm) De acuerdo a su morfología se trata de colomélidos,

		donde el collar es de menor tamaño a su lorica, son redondeados y la zona aboral se encuentra llena por micrita
Espículas	1	Con un tamaño promedio de 0.24 (mm), en contacto flotante dentro de la matriz. Las espículas son en forma acicular y presentan recristalización, no se puede observar canal en luz polarizada, en nicoles cruzados se observa difusamente. Por su morfología se clasificaron del tipo <i>Monaxona</i> y <i>Triaxona</i> , esta última espícula silíceea que fue remplazada por calcita.
Foraminíferos	0.5	Foraminíferos multicamara triseriales, alargados y han sido afectados por la recristalización.
Porosidad	2.5	Interpartícula, en cavidades menores a 0.5 [mm].
Compactación	-----	Flotantes y tangenciales
Cementante	-----	Intrapartícula e interpartícula, granular .calcita.

La fauna pelágica sugiere un ambiente de plataforma externa, a nivel nerítico medio. Con la presencia de Colomiélidos podríamos ubicar la roca en una edad Aptiano-Albiano. La secuencia de Facies de Wilson (1975) 3 y 5, plataforma de margen profunda y Acumulación orgánica (Deep Shelf margin y organic build up). Forma parte de la fm. Tamaulipas Superior.



Fotomicrografía 33 Lamina delgada MTZ-17, observada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 34 Lamina delgada MTZ-17, observada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-17.

De acuerdo a Folk (1959,1962) se ha clasificado a la roca como una Micrita fosilífera con Calciesferas.

MUESTRA MTZ-18

Procedencia muestra MTZ-18.

En el punto marcado como Puente Jihuico, en las coordenadas UTM 528640, 2270912, se localizó la muestra MTZ-18.

Descripción macroscópica muestra MTZ-18.

Es una roca de color gris oscuro en zona fresca, y a la intemperie muestra un color gris oscuro con tonalidades blancas y naranjas. Es una roca lodo soportada, microcristalina, presenta microfósiles no clasificables a simple vista y se observa acción oquedades rellenas por óxidos, los cuales pueden ser recientes. Es una roca compacta.

El afloramiento presenta pliegues tipo Chevrón, mantiene una estratificación marcada, intercalada con arcilla y lentes de pedernal.

La muestra fue clasificada en campo de acuerdo a los criterios de Dunham (1962) como un Wackestone.



Foto 18 Muestra de mano MTZ-18

Descripción microscópica muestra MTZ-18.

La muestra presenta una textura lodosoportada en general, se observa fractura de 2.5 [mm] de ancho, rellena por cristales de calcita euhedrales, granosoportados, con presencia de espatita en los límites de la fractura.

Se observan dos eventos de cristalización el primero en el cual cristalizaron las calciesferas y el segundo el cual relleno el fracturamiento y precipito cristales de calcita, dejando en las calciesferas sobrecrecimiento.

Esta teoría también puede ser verificada con estructura de “Burrows” la cual al momento de ser creada quedo vacía y rellena posteriormente por calcita. Esta calcita así como la de la fractura no presentan Sobrecrecimiento.

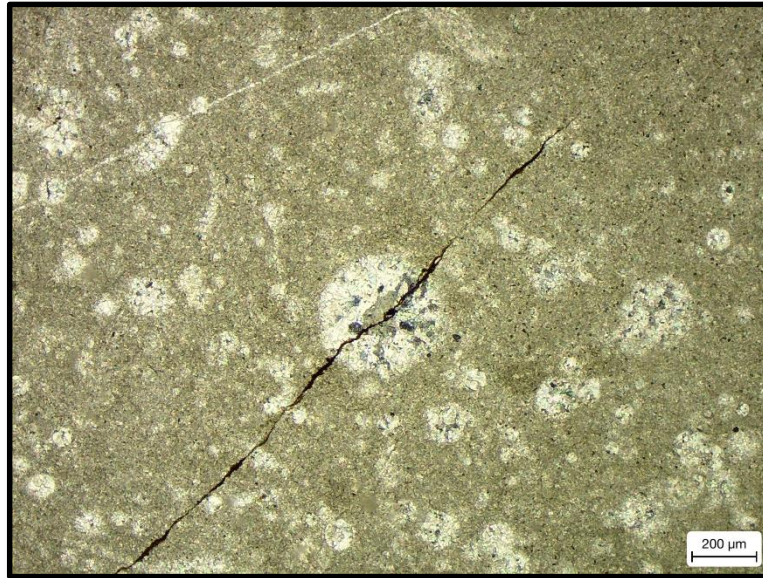
Dentro de veta de calcita, es posible encontrar lentes de pedernal angulosos en el centro de la veta. Se presenta fractura, corta aloquímicos, posiblemente rellena por materia orgánica.

Tabla 23 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-18.

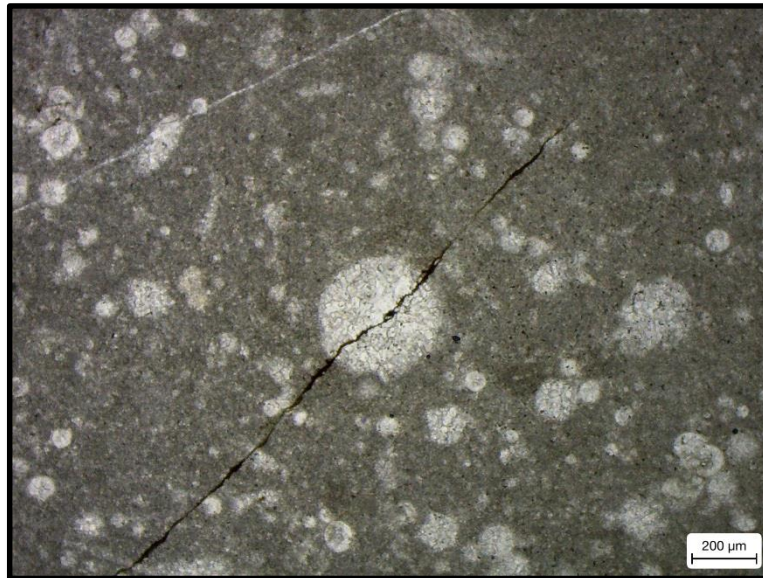
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	40	Matriz micrítica con presencia de pseudoesparita.
Agregados cristalinos	25	Los agregados cristalinos son cristales de calcita euédral, con un tamaño de 1.31 (mm) en promedio. el contacto entre ellos es tangencial, se observa algunos con un contacto no muy bien desarrollado suturado. Cristales de mayor tamaño en el centro de las estructuras y criptocristales en la periferia de la estructura.
Calciesferas	30	Las calciesferas, con un tamaño promedio de 0.036 [mm], se encuentran flotando en matriz. Las calciesferas presentan algunos cristales engolfados y en otros se puede observar sobrecrecimiento.
Porosidad	5	Intrapartícula poros subredondeados menores a 10 [µm]. No se descarta porosidad en vetillas.
Compactación	----- -	Contactos flotantes, algunos aloquímicos no identificados, de tamaño menor a las 200 [µm] se encuentran alargados.
Cementante	----- -	Aragonito fibroso, interpartícula y calcita granular intrapartícula.

La roca se depositó en facies submareales, en un ambiente de plataforma externa y rampas abiertas. En secuencia de facies de Wilson (1975) cinco,

Acumulación orgánica (Organic Build up). Posteriormente fue deformada y ocurrió un segundo periodo de recristalización rellenando fracturas. La edad aproximada se puede ubicar en el Cretácico. La muestra es parte de la formación Tamaulipas Superior.



Fotomicrografía 35 Lamina delgada MTZ-18, tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 36 Lamina delgada MTZ-18, tomada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-18.

De acuerdo a la clasificación de Folk (1959, 1962) se determinó la muestra MTZ-18 como una Biomicrita con Calciesferas.

.MUESTRA MTZ-P1

Procedencia muestra MTZ-P1.

- En la localidad de Tlacotepec, Mpio. de Metztitlán Hidalgo, en las coordenadas UTM 14Q 517711, 2285386. , se localizó la muestra MTZ-P1

Descripción macroscópica muestra MTZ-P1.

Roca de color rojizo con motes verdes a la intemperie, en la parte fresca se observa un color gris verdoso con motes castaños. Es una roca lodo soportada, contiene fósiles no clasificables a simple vista .En el afloramiento se encuentra intercalada con arcilla y se pueden observar abundantes vetas de calcita.

Conforme a los criterios de clasificación de Dunham (1962) la muestra se clasifico como un mudstone



Foto 19 Muestra de mano MTZ-P1

Descripción microscópica muestra MTZ-P1.

Lamina delgada con elementos psamíticos, de textura no clástica. Se puede observar impregnaciones de materia orgánica en microfacturas

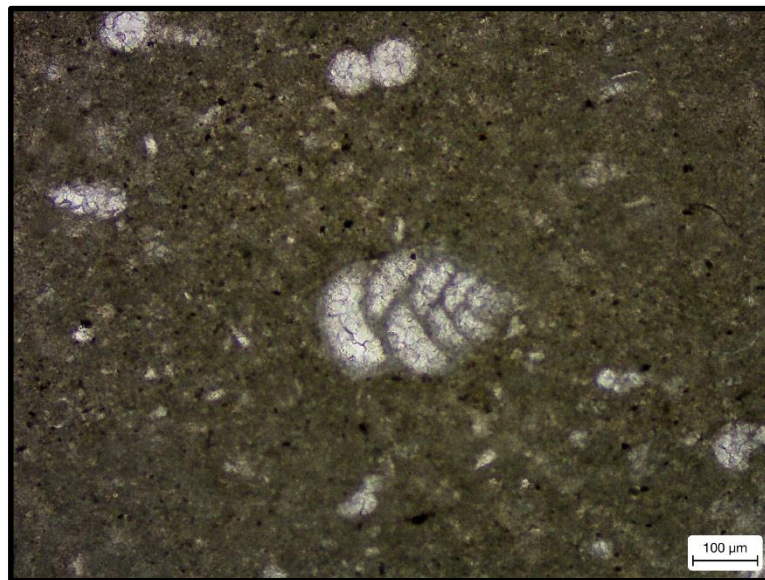
Se pueden observar familia de micro vetillas difuminadas, que se presentan en forma oblicua

Tabla 24 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P1.

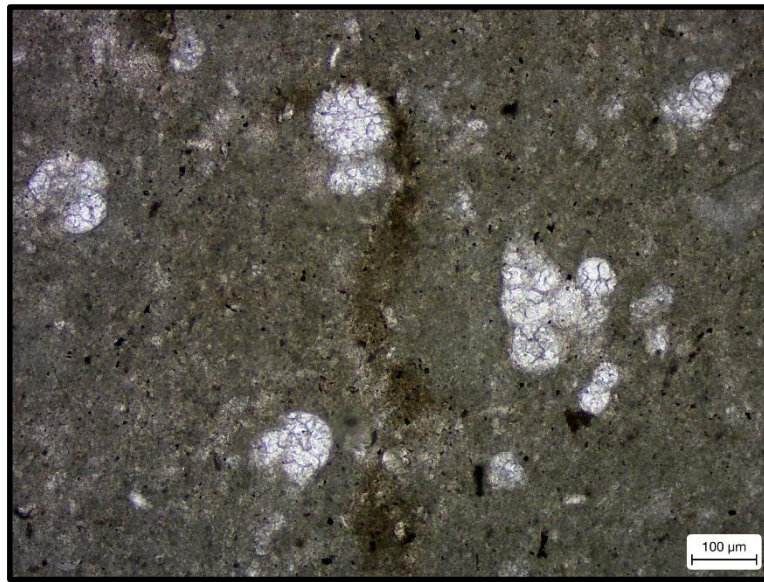
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	92.5	Matriz micrítica principalmente, micromicrita. Con presencia de arcillas diseminadas. Algunos aloquímicos son cortados por la matriz, en aparente estado de disolución.
Foraminíferos	5	Foraminíferos pelágicos, bien conservados regularmente. Pueden observarse Foraminíferos multicamaras. <ul style="list-style-type: none"> • Heterohelix • Globotruncana • Texturalia

Bioclastos	1	Fragmentos tabulares de hasta 1 mm de largo
Porosidad	1.5	Interpartícula y por microfracturas.
Compactación	----- -	Contactos flotantes. Es posible observar microfracturas oblicuas.
Cementante	----- -	Cementante intrapartícula en forma de mosaico, presente en aloquímicos. Calcita.

La roca se formó en un ambiente de plataforma marina, a nivel nerítico y bathyal. Las secuencias estándar de facies de Wilson (1975) se ubica en 2, Plataforma de mar abierto. La edad relativa comprende entre el Campaniano al Machistriano. Formación. Méndez.



Fotomicrografía 37 Sección delgada MTZ-P1 tomada con objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 38 Sección delgada MTZ-P1, tomada con objetivo 10x y Lp.

Clasificación de la muestra MTZ-P1.

La clasificación conforme a Folk (1959, 1962), corresponde a una Micrita fosilífera de Foraminíferos.

MUESTRA MTZ-P3

Procedencia muestra MTZ-P3.

La muestra se localizó en las coordenadas geográficas UTM 14Q 517503 ,2278867. La Ruta de acceso es por la carretera Ixmiquilpan- Metztitlán, al W de Atzolcintla, Mpio. de Metztitlán Hgo., enfrente al punto referido como “ Pinturas rupestres Chipeco” , Afloramiento en cerro.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P3.

En la roca se observa un color gris claro con tonalidades castañas al intemperismo y color gris clara con motes oscuros en zona fresca. Presenta una textura granosoportada, se pueden apreciar micro vetillas de calcita. La superficie de la roca muestra evidencia de disolución. Contiene una cantidad

importante de fósiles Bivalvos. La muestra se clasificó conforme a Dunham (1962) como Grainstone



Foto 20 Muestra de mano MTZ-P3

Descripción microscópica muestra MTZ-P3.

En la muestra se puede apreciar estructuras Esqueletales importantes, se observan fracturas lo que incrementa su porosidad y algunas vetillas rellenas de calcita.

Tabla 25 Componentes observados en la petrografía de la sección delgada MTZ-P3.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	65	Predomina al interior de bivalvo matriz espática en contacto con Intraclastos y bioclastos. Alrededor del bivalvo predomina la matriz micrítica.
Molusco (Braquiópodo)	15	Morfología ovalada, preserva la estructura original de calcita y aragonito. El espécimen no se preserva completo, está

		afectado por fracturas y vetillas rellenas de calcita. Se pueden observar alrededor paredes internas.
Intraclastos	10	Pobrementemente seleccionados, subangulosos, de matriz micrítica, con algunos bordes corroídos.
Bioclastos	5	Fragmentos de forma tabular, subredondeados, de composición predominantemente aragoníticas
Miliólidos	3	Se puede apreciar algunas estructuras de miliólidos
Porosidad	2	Fracturas e interpartícula
Compactación	-----	El tipo de contactos son flotantes, cóncavos y convexos.
Cementante	-----	Calcita

El ambiente de formación es de Plataforma somera o en arrecife. La edad relativa estimada pertenece al cretácico superior, más específicamente al Cenomaniano. Podemos ubicar en la secuencia de facies de Wilson (1975) en la numero 7, Plataforma de circulación abierta (Shelf lagoon open circulation). La roca pertenece a la Formación El Abra.



Fotomicrografía 39 Sección delgada MTZ-P3, tomada con objetivo 2.5x y Lp.



Fotomicrografía 40 Sección delgada MTZ-P3 tomada con objetivo 2.5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P3.

Clasificación de Folk (1959, 1962), bioesparíta

MUESTRA MTZ-P4

Procedencia muestra MTZ-P4.

La muestra se localizó en las coordenadas geográficas UTM 14Q 518420, 2278008, la ruta de acceso es por la carretera Ixmiquilpan-Metztlán, en la comunidad de Tochintla, Mpio. De Metztitlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P4.

La muestra presenta un color rojizo a la intemperie y un color gris oscuro con motes pardos en zona fresca. Es de textura afanítica, se pueden observar a lupa olivino, no se observan estructuras. Roca compacta, en afloramiento se observa diaclasamiento.



Foto 21 Muestra MTZ-P4.

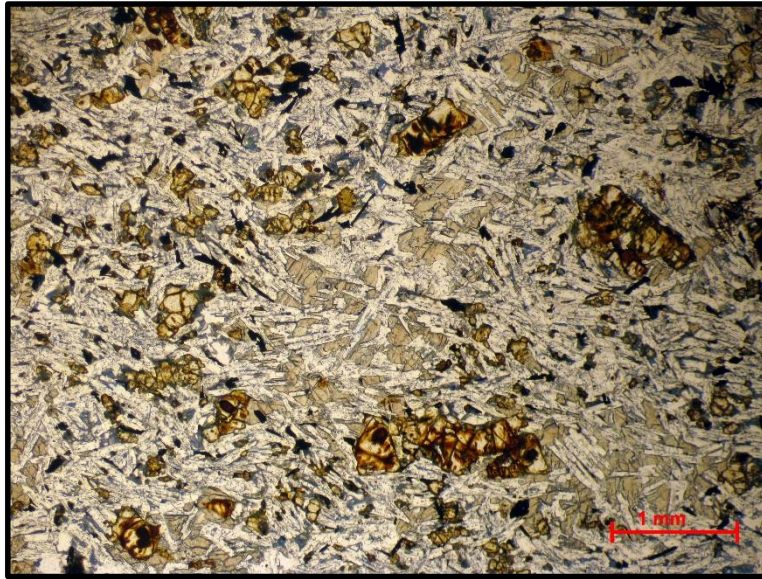
Descripción microscópica muestra MTZ-P4.

Roca básica, holocristalina de fábrica inequigranular, de textura subofítica.

Se pueden observar algunas vesículas.

Tabla 26 Componentes observados en petrografía de la muestra MTZ-P4.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Plagioclasa	50	Microcristales prismáticos, subhedrales de plagioclasa cálcica. Con maclas de Carlsbad. Presentan bordes de Iddingsita.
Olivino	15	Cristales anhedrales, poiquilíticos.
Piroxenos	25	Fenocristales de grano medio a microcristales, Cristales anhedrales, con bordes suaves. Augita.
Opacos	5	De Microcristalino a Criptocristalino.
Iddingsita	15	Embebidos en Olivino principalmente



Fotomicrografía 41 Sección delgada MTZ-P4 tomada con objetivo 2.5x y Lp.



Fotomicrografía 42 Sección delgada MTZ-P4 tomada con objetivo 2.5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P4.

Basalto

MUESTRA MTZ-P5

Procedencia muestra MTZ-P5.

En la comunidad de Tlacotepec, Mpio de Metztlán, Hgo. En las coordenadas UTM 14 Q 517681, 2285525, se localizó la muestra MTZ-P5

Descripción macroscópica muestra MTZ-P5.

Roca de color castaño rojizo a la intemperie y en zona fresca gris claro, con motes pardos a verdosos, se puede apreciar la presencia de lodo calcáreo. La roca presenta intercalaciones laminares de grano muy fino. En afloramiento se encuentra intercalada con arcilla.

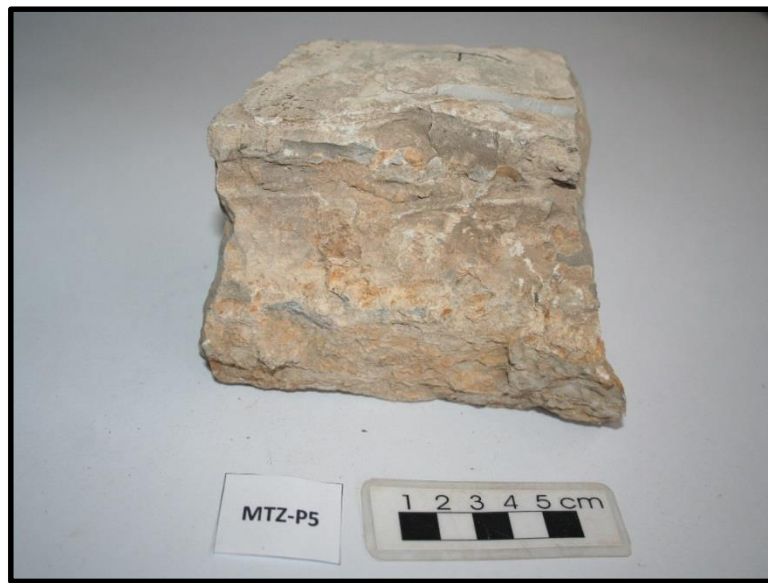


Foto 22 Muestra de mano MTZ-P5

Descripción microscópica muestra MTZ-P5.

Se puede apreciar una estructura interna comprendida por interfaces. Esta forma comprendida por una línea de erosión irregular que separa dos fases, representa el contacto entre grano fino con sedimentos pelágicos y

superpuesto a ella arenisca calcárea con alto contenido de pellets. Posiblemente originado por turbiditas.

También es posible observar una estructura burrow, la cual corta las dos interfaces y a su vez es cortada por una fractura rellena de calcita.

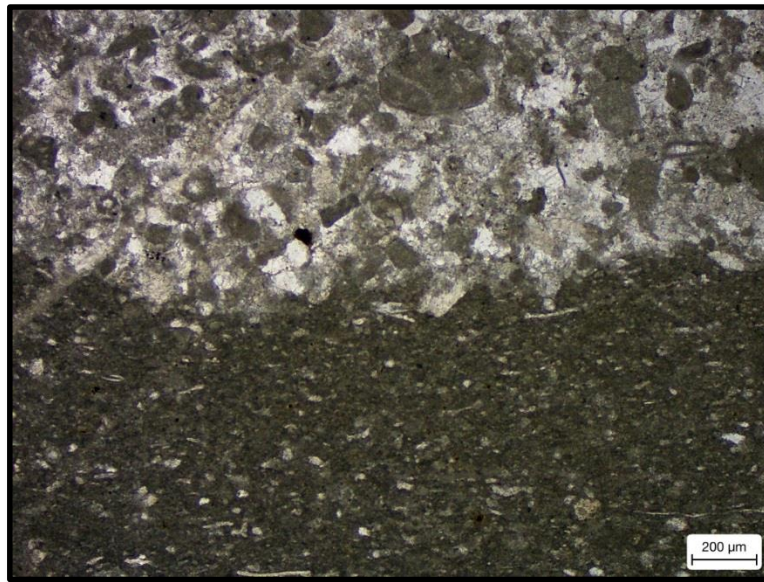
Tabla 27 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P5.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	55	Presenta dos tipos de matriz; Matriz espática calcárea en contacto con matriz micrítica. La matriz espática contiene mayor diversidad de aloquímicos, pellets, ooides, miolidos y algunos intra clastos redondeados. La matriz micrítica presenta bioclastos alargados, y con cierta orientación.
Ooides	7.5	Oolitos superficiales, sencillos de un tamaño promedio aproximado de 0.1 mm, de composición micrítica. En algunos casos se pueden observar textura radial en anillos sencillos. También se puede observar cortoides
Pellets	10	Su tamaño oscila entre 0.05 y 0.1 mm
Miolidos	2.5	Los miolidos se encuentran bien conservados, se pueden observar en la interface espática.
Bioclastos	10	Los bioclastos no son reconocidos por el reemplazamiento de sus estructura interna por espatita. Posiblemente organismos pelágicos. Se encuentran en la matriz micrítica y se encuentran con una orientación preferencial
Porosidad	15	Interpartícula, la presencia de la estructura Burrow, aumenta el porcentaje de porosidad.
Compactación	-----	Tipo de contactos: flotantes, Cóncavos y convexos.
Cementante	-----	Calcita

El tipo de estructuras presentes en lámina delgada, muestran evidencias de un ambiente de formación de un flujo turbidítico. La secuencia estándar de Facies de Wilson (1975) se puede ubicar entre la 2 y 3 (open sea shelf y deep shelf margin). Esta muestra forma parte de la Formación Méndez, del Campaniano al Machistriano.



Fotomicrografía 43 Sección delgada MTZ-P5 tomada con objetivo 5x y Lp. Se puede observar estructura Burrow.



Fotomicrografía 44 Sección delgada MTZ-P5, tomada con objetivo 5x y Lp. se observa un cambio en la fábrica, erosión de la superficie por un flujo y posterior sedimentación de sedientos gruesos, lo que prueba que existió una pendiente en la superficie de sedimentación.

Clasificación de la muestra MTZ-P5.

Clasificación de acuerdo a Folk (1959,1962) Biomicrita o micropelospatita.

MUESTRA MTZ-P6

Procedencia muestra MTZ-P6.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 520591, 2277124 a kilómetro y medio aproximadamente, al Este de Atzacintla, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P6.

La roca presenta un color a la intemperie gris con motes pardos, y en zona fresca gris oscura. Es una roca lodo soportada, con vetillas de calcita, no se observan estructuras sedimentarias. Roca compacta y al golpe con martillo rompe en picos. Conforme a los criterios de clasificación de Dunham (1962) se ha clasificado como un mudstone.



Foto 23 Muestra de mano MTZ-P6

Descripción microscópica muestra MTZ-P6.

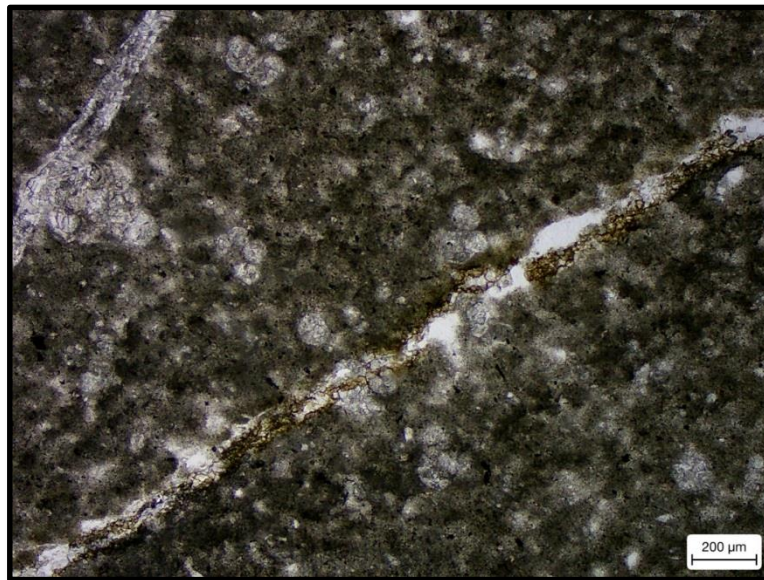
Corresponda a una roca de origen bioquímico, de textura psamítica. Con algunas vetillas discontinuas rellenas de calcita. Se puede observar dentro de la matriz materia orgánica y arcilla.

Tabla 28 Componentes observados en petrografía de la muestra MTZ-P6

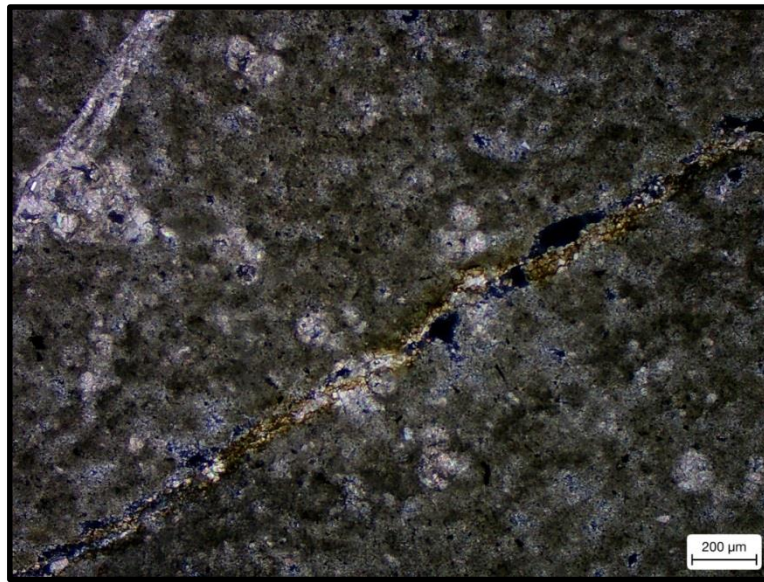
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	94	Matriz predominantemente Minimicrita. En menor cantidad pseudoesparita.
Foraminíferos	1	Se pueden apreciar tres tipos principales de foraminíferos pelágicos. <ul style="list-style-type: none"> • El de mayor abundancia es el <i>Praeglobotruncana</i> formada por una multicamara triserial trasversal. • Le sigue en orden de abundancia el <i>heterohelix Ehrenderg</i>, formada por una multicamara triserial longitudinal.

		<ul style="list-style-type: none"> Solo se puede observar un espécimen de foraminífero formado por una multicámara
Porosidad	5	Interpartícula y por fractura
Compactación	_____	Tipo de contactos flotantes
Cementante	_____	Calcita , En vetas cristales anhedrales, formando mosaico.

Roca formada en un ambiente zona bathyal. En facies 1 de Wilson (1975), de cuenca. Pertenece a la formación Tamaulipas. De una edad relativa del Cretácico Superior.



Fotomicrografía 45 Sección delgada MTZ-P6, tomada con objetivo 5x y Lp.



Fotomicrografía 46 Sección delgada MTZ-P6, tomada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P6.

Conforme a los criterios de clasificación de Folk (1959, 1962) es una Dismicrita Fosilífera de Foraminíferos

MUESTRA MTZ-P7B

Procedencia muestra MTZ-P7B.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 522143, 2276181, en camino de terracería con dirección a Rincón de Coatlixque.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P7B.

La roca presenta un color pardo en zona expuesta a la intemperie y gris clara en zona fresca. Roca con arcillosa, sin contenido fosilífero ni estructuras sedimentarias visibles a simple vista. Roca compacta y competente.

En el afloramiento se encuentra estas rocas intercaladas con arcillas. Existe un cuerpo ígneo extrusivo cerca del área, además tomando en cuenta que el área a tenido una gran actividad tectónica, por lo que se infiere la presencia de Metacaliza. En campo se considera como caliza arcillosa.



Foto 24 Muestra de mano MTZ-P7B

Descripción microscópica muestra MTZ-7B.

En esta sección delgada se pueden observar las evidencias a la que la roca fue sometida debido a la Cabalgadura Coalquixque. Presenta una textura relíctica, sus componentes son moderadamente seleccionados.

Tabla 29 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P7B

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	35	Matriz pseudo micrítica con abundante arcilla.
Calcita	60	Se presenta de forma Inequigranulares, los cristales son subhedrales. Calcita Neomórfica.
Porosidad	5	Interpartícula y por cavidades
Compactación	_____	Contactos suturados entre cristales
Cementante	_____	Calcita predominantemente en mosaico

Formada debido a metamorfismo cataclástico o de contacto, de un protólito de caliza arcillosa de la Fm. Méndez.



Fotomicrografía 47 Sección delgada MTZ-P7B , tomada con objetivo 5x y Nx.



Fotomicrografía 48 Sección delgada tomada MTZ-P7B, tomada con objetivo 5x y Lp.

Clasificación de la muestra MTZ-P7B.

Metacaliza

.MUESTRA MTZ-P7

Procedencia muestra MTZ-P7.

La muestra se localiza en las coordenadas UTM 522143, 2276181. En camino de terracería con dirección a Rincón de Coatlixque.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P7.

Roca de color gris clara con tonalidades castañas en zona expuesta a la intemperie, en zona fresca gris oscura. Roca lodo soportada, con vetas de calcita. No es posible distinguir fósiles o más componentes. Probablemente con contenido importante de arcilla.

En campo se ha clasificado esta muestra como caliza arcillosa, de acuerdo a los criterios de Dunham (1962) se clasificó como Mudstone.



Foto 25 Muestra de mano MTZ-P7.

Descripción microscópica muestra MTZ-P7.

Los componentes de la lámina delgada muestran un tamaño psamítico. Se puede observar Bioturbación. Es posible observa algunas cavidades dentro de la matriz, debido que al momento de la sedimentación los sedimentos no se encontraban consolidados.

Tabla 30 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P7.

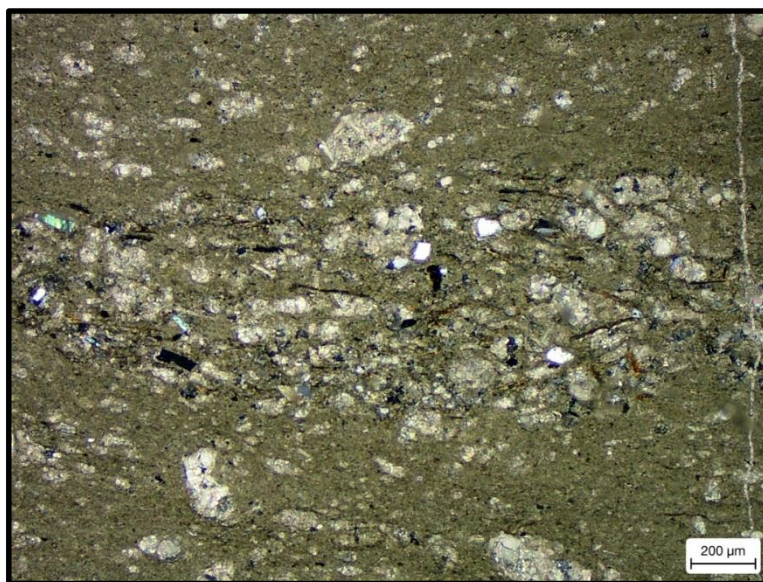
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	50	Se puede observar alquímicos inmersos en una matriz micrítica, con restos de organismos pelágicos mezclada con arcillas y aportes terrígenos. En la zona donde no se encuentran las bioturbaciones se puede observar orientación de los granos que comprenden la matriz.
Foraminíferos	25	Foraminíferos del tipo <i>Globotruncana</i> y <i>Praeglobotruncana</i> , en general se conservan bien, aunque los segundos se observan restos.
Calciesferas	12.5	Calciesferas completas, se encuentran cementadas por calcita en forma de mosaico. O cubriendo toda la estructura.
Arcilla	2.5	Formando parte de la matriz y rodeando a los alquímicos de mayor tamaño. Se pueden observar aporte de terrígenos por la presencia de cuarzo.
Bioclastos	7.5	Restos alargados, probablemente partes, solo se pueden observar dentro de las bioturbaciones.
Porosidad	2.5	Interpartícula, Intrapartícula por cavidades. Debido a la bioturbación

		puede verse influenciada la porosidad y la permeabilidad.
Compactación	_____	Contactos tangenciales y flotantes
Cementante	_____	Calcita en forma intrapartícula, en Calciesferas en forma de mosaico.

La edad de la roca va desde el Turoniano al Machistriano. El ambiente de formación corresponde a Plataforma externa. Pertenece según las Facies de Wilson (1975) a “Plataforma de mar abierto” (Open sea Shelf). Formación Méndez.



Fotomicrografía 49 Sección delgada MTZ-P7, tomada con objetivo 10x y Lp



Fotomicrografía 50 Sección delgada MTZ-P7, tomada con objetivo 10 y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P7.

Conforme a la clasificación de Folk (1959, 1962) es una Biomicrita de Foraminíferos

MUESTRA MTZ-P8

Procedencia muestra MTZ-P8.

La muestra se localizó en las coordenadas UTM 14Q 522143 ,2276181. La ruta de acceso es por la carretera de terracería hacia Rincón de Coatlixque.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P8.

La roca muestra un color a la intemperie gris oscuro con motes pardos y en zona fresca gris oscura. Es una roca lodo soportada, no se observan estructuras sedimentarias ni fósiles.

Es una roca compacta. En afloramiento presenta laminaciones, estratificación e intercalaciones con arcilla.

La reacción ante el HCL es baja, se la ha considerado como una caliza arcillosa. Conforme a los criterios de clasificación de Dunham (1962) la muestra se determina como un mudstone



Foto 26 Muestra de Mano MTZ-P8.

Descripción microscópica muestra MTZ-P8

Se puede observar una textura no clástica, con componentes de tamaño psamíticos. Contiene una porción considerable de arcilla en la matriz, por lo que el aporte por lo que el aporte de este se pudo haber dado durante la sedimentación.

Tabla 31 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P8.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	98	Se puede observar alquímicos inmersos en una matriz minimicrítica. La matriz no invade a los Aloquímicos.

		Se puede Observar lentes delgadas de Arcilla Próximos a los foraminíferos.
Foraminíferos	5	Foraminíferos planctónicos (<i>Globotruncana</i>) calciesferas Se puede observar bioturbación.
Porosidad	2	Intrapartícula y en cavernas. Porosidad Baja.
Compactación	-----	Contactos tangenciales y flotantes.
Cementante	-----	Calcita intrapartícula

Formada en un ambiente de plataforma externa, en Facies de Wilson (1975) de "Plataforma de margen profunda" (Deep Shelf Margin). La edad calculada en base al tipo de foraminíferos presentes, ronda desde el Turoniano al Machistriano. Formación Méndez.



Fotomicrografía 51 Sección delgada MTZ-P8, tomada con objetivo 5x y Lp. Sedimentos no consolidados en tiempos de sedimentación (penecontemporaneos), posiblemente relleno de materia orgánica.



Fotomicrografía 52 Sección delgada MTZ-P8, tomada con objetivo 5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P8.

De acuerdo a la clasificación de Folk (1959,1962) es una Micrita Fosilífera de Foraminíferos

.MUESTRA MTZ-P10B

Procedencia muestra MTZ-P10B.

En las coordenadas UTM 520850, 2276950 se localizó la muestra MTZ-P10. A más de un Kilómetro y medio al Este de Atzoncintla, Mpio. de Metztlán , Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ- P10B.

La roca muestra una coloración gris parda al intemperismo y gris clara en zona fresca. Roca lodo soportada, se puede observar estructuras de disolución en la superficie, es una roca compacta.



Foto 27 Muestra de mano MTZ-P10B.

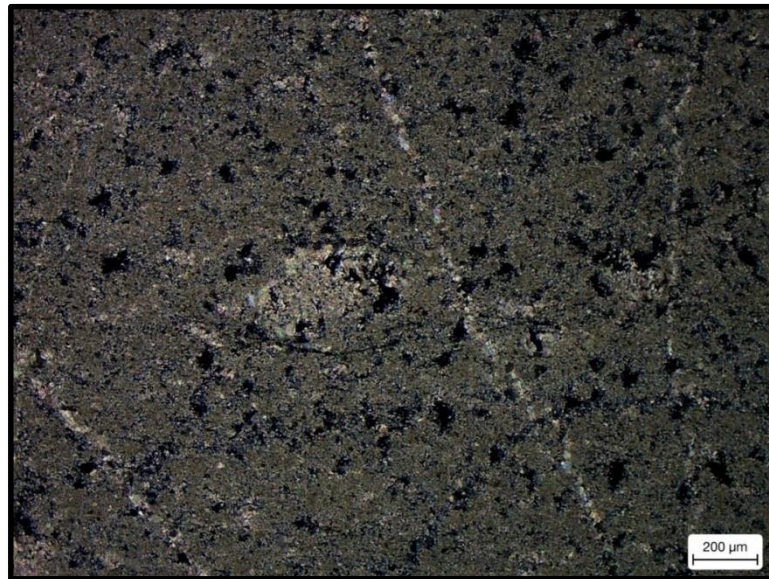
Descripción microscópica muestra MTZ- P10B.

Lamina de composición no clástica, con componentes de tamaño psamíticos. La lámina presenta evidencias de una disolución penetrante. En ella se identifican cadenas de vetillas rellenas de calcita y algunas estilolitas, cruzando entre en algunos casos.

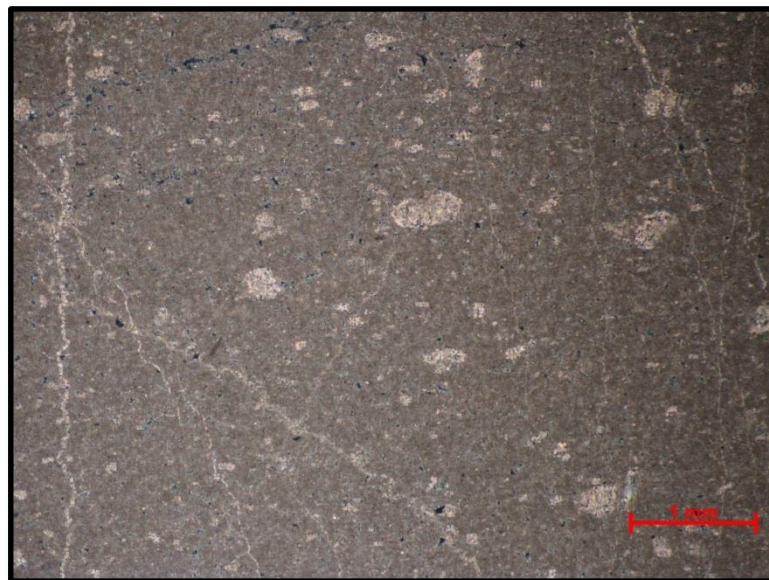
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	Dismicrita 46% Micrita 55 %	Dismicrita y micrita formado matriz, en la cual flotan alquímicos. Se observa fracturas rellenas de pseudoesparita.
Bioclastos	1 %	Foraminíferos, con presencia de pseudoesparita, por lo cual su morfología no es muy clara.
Porosidad	7.5 %	Cavidades
Compactación	-----	Contactos flotantes.

Cementante	-----	Calcita. Se aprecia sobrecrecimiento
-	-	en cristales de calcita. Calcita neomórfica.

Por las trazas de los bioclastos que se pueden reconocer, se determina un ambiente de cuenca, la edad relativa se encuentra dentro del cretácico superior. formación Tamaulipas.



Fotomicrografía 53 Sección delgada MTZ-P10B, tomada con objetivo 5x y Nx.



Fotomicrografía 54 Sección delgada MTZ-P10B, tomada con objetivo 2.5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P10B.

La clasificación de acuerdo a Folk (1959, 1962), es de una Dismicrita
Fosilífera

MUESTRA MTZ-P12B

Procedencia de la muestra MTZ-P12B.

La muestra se localiza en las coordenadas UTM 522400, 2276100. La ruta de acceso es por camino de terracería, a casi un kilómetro al Este de Rincón de Coatlixque, Mpio. de Metztlán ,Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-12B.

La muestra MTZ-P12B presenta un color al intemperismo castaño rojizo, y en zona fresca castaño claro con motes verduzcos. Es de textura afanítica y no se observan estructuras en la superficie. Roca meteorizada.

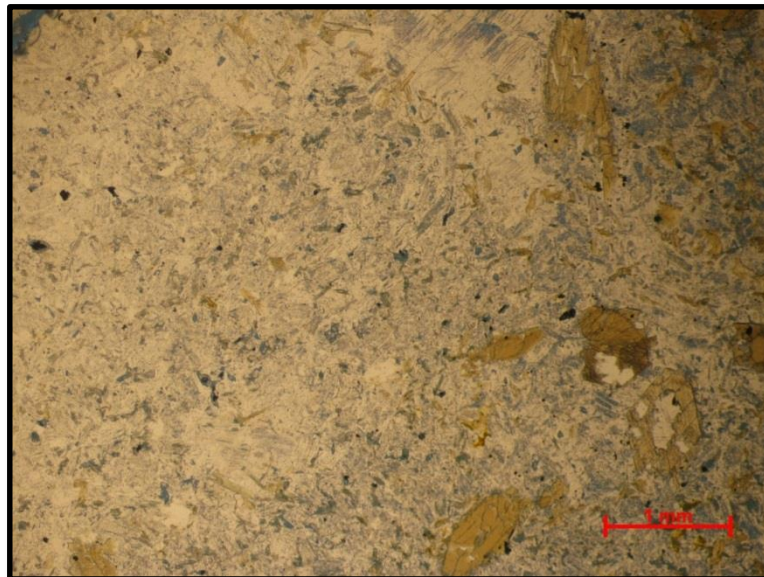


Fotomicrografía 55 Muestra de mano MTZ-P12B.

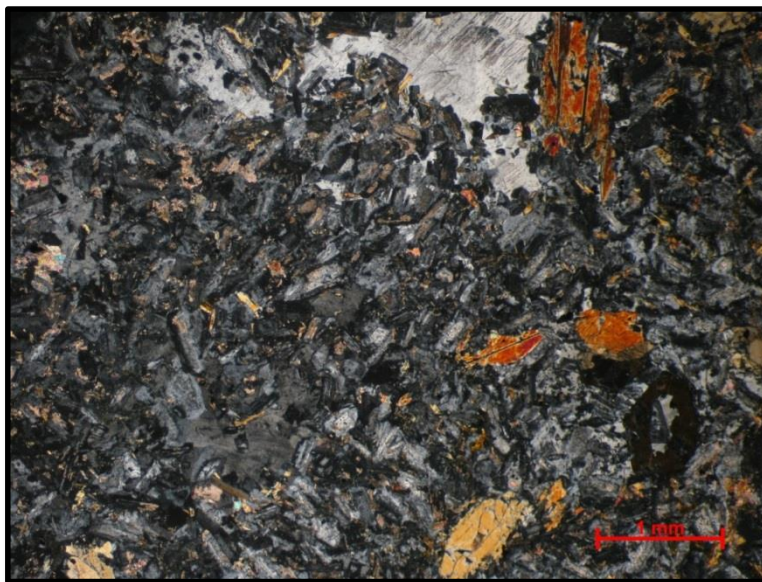
Descripción microscópica muestra MTZ-12B.

Tabla 32 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P12B.

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Plagioclasa	50 %	Cristales anhedrales, algunos cristales son erosionados formando arcillas. Algunos desaparecen y se encuentran como relictos, la extinción no es clara. Maclas difuminadas. Calcita en sustitución? En plagioclasas? calcita secundaria.
Anfíbol, piroxeno ¿??	3 %	Cristales euhedrales, presenta bordes corroídos, se observa crucero (80°), disolución.
Piroxenos (Augita)	15 %	Cristales Subhedrales, piroxenos zoneados, a su alrededor con abundantes arcillas. Cristales tabulares. Ortopiroxeno extinción paralela ¿
Opacos	7	
Arcillas.	20	
Feldespatos ¿?	5	Se encuentra formando parte de matriz y como cementante?



Fotomicrografía 56 Sección delgada MTZ-P12B, tomada con objetivo 2.5 x y Lp.



Fotomicrografía 57 Sección delgada tomada con objetivo 2.5x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P12B.

Leuco basalto ¿andesita basáltica??

MUESTRA MTZ-P13

Procedencia muestra MTZ-P13.

La muestra se ubica en las coordenadas UTM 521850, 2276050. Al NE de Rincón de Coatlixque, Metztitlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P13

La muestra MTZ-p13 es una roca bioquímica de color gris con motes pardos al intemperismo y gris clara en zona fresca. Es lodo soportada y presenta abundante vetillas rellenas de calcita.

En Afloramiento se encuentra formando estratos e intercaladas con arcillas.

Por su contenido arcilloso se ha podido clasificar como marga. Según la clasificación de Dunham (1962), se puede clasificar como un mudstone.



Foto 28 Muestra de mano MTZ-P13

Descripción microscópica muestra MTZ-P13.

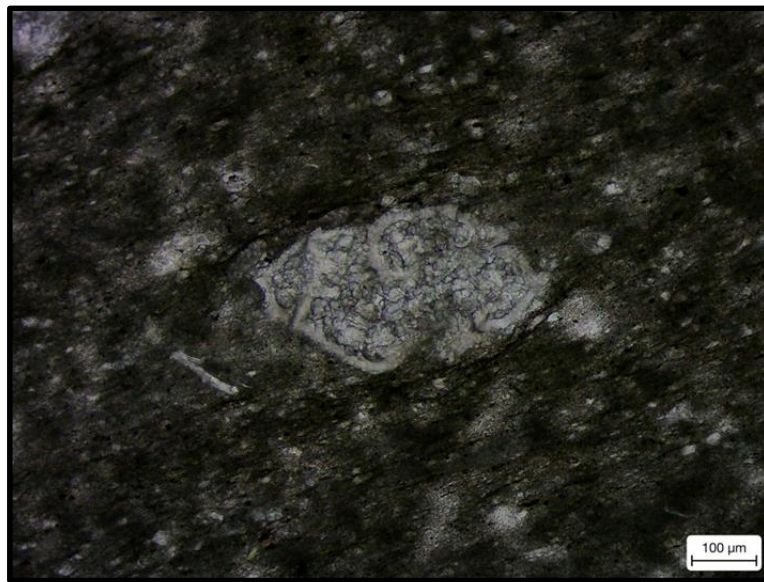
Es posible observar en lámina delgada una textura no clástica, de constituyentes de tamaño psamíticos y arcillosos. La matriz presenta imbricación o estructura fluidal. Contiene materia orgánica en bandas.

Tabla 33 Componentes observados en petrografía de la sección delgada MTZ-P13.

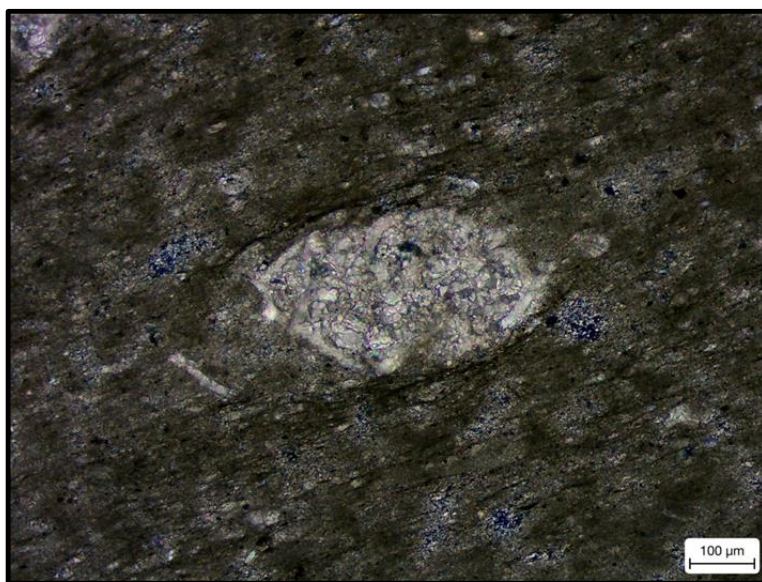
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERISTICAS
Matriz	90	Matriz micrítica principalmente, se puede apreciar una porción más baja de espatita.
Foraminíferos	3 %	Los restos se encuentran bien preservados, son sedimentos pelágicos, los foraminíferos son <i>Globotruncana</i> característicos del Santoniano al Maastrichiano tardío comunes en open-marine (mar abierto). Se puede observar en menor proporción <i>whiteinella</i> .
Arcilla	5	Tiene un contenido importante de arcilla, se encuentra interpartícula y dispersa en la matriz.
Porosidad	2	Porosidad baja, intrapartícula, por fracturas y vesicular.
Compactación	----- -	Contactos flotantes

Cementante	Calcita, se extiende en la parte externa de los bordes de algunos alquímicos. Se encuentra una fractura rellena de calcita. Se pueden identificar bordes de sobrecrecimiento. Un segundo periodo de recristalización.
------------	---

Se determina un ambiente de Plataforma Externa en Facies de Wilson (1975) de “Plataforma de Margen Profunda” (Deep Shelf Margin) y cercana a la cuenca. El aporte de arcillas debido a alguna corriente de Turbidez. La edad relativa va desde el Santoniano–Machistriano. Formación Méndez.



Fotomicrografía 58 Sección delgada MTZ-P13 tomada con objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 59 Sección delgada MTZ-P13, tomada con objetivo 10x y Nx.

Clasificación de la muestra MTZ-P13.

Conforme a los criterios de clasificación de Folk (1959, 1962) Micrita Fosilífera de Foraminíferos.

MUESTRA MTZ-P13B

Procedencia muestra MTZ-P13B.

En las coordenadas UTM 521850, 2276050, se localizó la muestra MTZ-P13B. Al NE de Rincón de Coatlixque, Metztitlán, Hgo.

Descripción macroscópica muestra MTZ-P13B.

Es una roca bioquímica de color gris con motes pardos al intemperismo y gris oscura en zona fresca. Es lodo soportado y se pueden observar algunas vetillas de calcita. En Afloramiento se encuentra formando estratos e intercaladas con arcillas.

Por su contenido arcilloso se ha podido clasificar como margas. Según la clasificación de Dunham (1962), se puede clasificar como un mudstone.



Foto 29 Muestra de mano MTZ-P13B.
Descripción microscópica muestra MTZ-P13B.

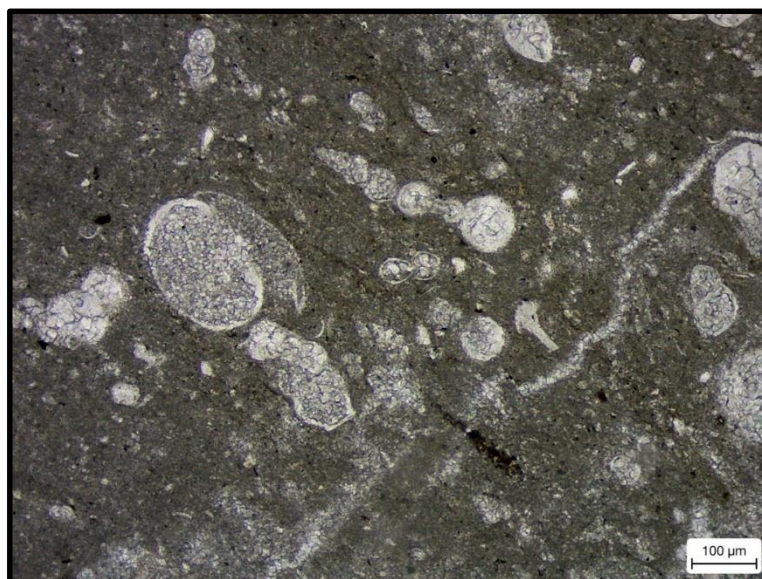
En lámina delgada presenta una textura no clástica, de constituyentes de tamaño psamíticos. Se pueden observar que la roca contiene abundantes estilolitas, evidencia de los esfuerzos físicos a los que se ha sometido.

Tabla 34 Componentes observados en sección delgada MTZ-P13B

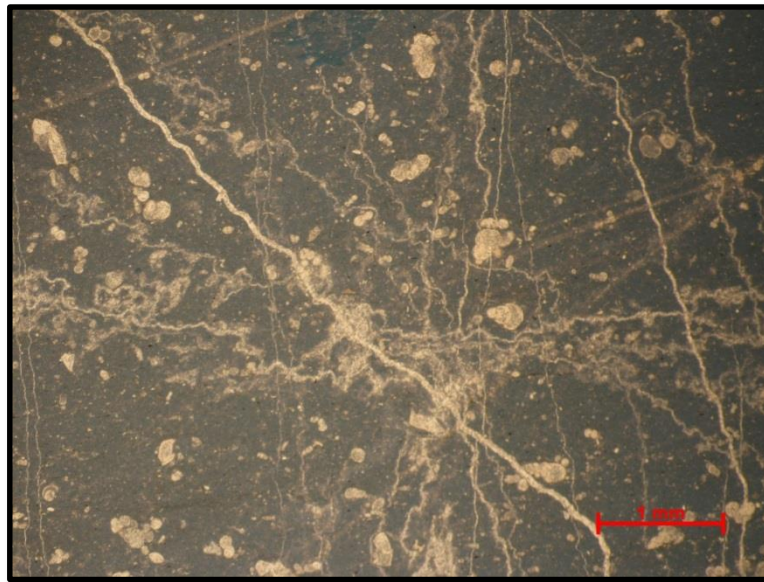
COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Matriz	90	Matriz predominantemente micrítica, pseudoesparita en menor proporción.
Foraminíferos	7.5	Foraminíferos plantónicos (<i>Plaeglobotruncana</i> y <i>Globotruncana</i> , cretácico superior), se observa bioclastos de menor tamaño a los foraminíferos.

Porosidad	2.5	Porosidad baja, porosidad del tipo intrapartícula y vesicular. Es de tomarse en cuenta las vetillas en calcita, estas microfracturas pueden influenciar en la porosidad y la permeabilidad de la roca.
Compactación	-----	Contactos flotantes, no se observa deformación de los alquímicos. Se observan estilolitas, se cruzan en un punto y pueden atravesar estructuras (vetillas).
Cementante	-----	Cementante principal es calcita, se encuentra rellenando fracturas e intrapartícula.

Se determina un ambiente de Plataforma Externa en Facies de Wilson (1975) de plataforma de mar abierto (Open sea shelf) donde existe un aporte de arcillas. La edad relativa va desde el Santoniano–Machistriano. Corresponde a la Formación Méndez.



Fotomicrografía 60 Sección delgada MTZ-P13B, tomada con objetivo 10x y Lp.



Fotomicrografía 61 Sección delgada MTZ-P13B, tomada con objetivo 2.5x y Lp.

Clasificación de muestra MTZ-P13B.

Clasificación de Folk (1959, 1962) Micrita Fosilífera de Foraminíferos.

PORTADAS DE GUIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

