



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ROCAS POTENCIALMENTE FORMADORAS DE UN SISTEMA PETROLERO EN LA PLATAFORMA MORELOS–GUERRERO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTA:

MOISÉS MEJÍA JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS:
Ing. MIGUEL I. VERA OCAMPO



MÉXICO, D.F.

JUNIO, 2007.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-915

SR. MOISÉS MEJÍA JIMÉNEZ
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Miguel I. Vera Ocampo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

ROCAS POTENCIALMENTE FORMADORAS DE UN SISTEMA PETROLERO EN LA PLATAFORMA MORELOS-GUERRERO

- RESUMEN**
- I INTRODUCCIÓN**
- II MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**
- III RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO**
- IV CONCLUSIONES**
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**
- PLANOS E ILUSTRACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
 Cd. Universitaria, D. F., a 30 de agosto de 2006
 EL DIRECTOR


~~M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO~~

GFB/JAGC*gtg



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A todos los trabajadores de mi país, ya que gracias a ellos muchas personas recibimos la mejor educación en la mejor Universidad de América Latina, la UNAM para ser los profesionistas que México requiere.

A mi Alma Matter: la Universidad Nacional Autónoma de México, a su Facultad de Ingeniería por la formación académica de excelencia y calidad que me ha dado.

Al Ingeniero Miguel Idelfonso Vera Ocampo, por sus enseñanzas, dirección, asesoría y apoyo en la realización de ésta tesis.

A mis sinodales: Dr. Joaquín Eduardo Aguayo Camargo, Ing. Fernando Rosique Naranjo, Ing. Luis Arturo Tapia Crespo y a el Ing. Jesús Javier Cortés Rosas, por las correcciones, comentarios y sugerencias que mejoraron este trabajo.

Al Ingeniero Jesús Castro Mora, por su tiempo, apoyo y gran interés en la culminación de este trabajo.

A todos los profesores de mi Facultad especialmente a los de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra: M.C. Víctor Manuel Días García, M.C. Guadalupe Villaseñor Cabral, Ing. Germán Arriaga García, Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, Dr. Mario Gutiérrez Estrada (†), Ing. Miguel I. Vera Ocampo, Ing. Alberto Arias Paz, Ing. Héctor L. Macías González, Ing. Alfredo Victoria Morales, Ing. Javier Arellano Gil, Ing. Emiliano Campos Madrigal, Ing. Enrique Alejandro González Torres, Dra. Silvia E. Rivera Olmos, Ing. Luis Arturo Tapia Crespo, Ing. Juan José Medina Ávila, Ing. Leovigildo Cepeda Dávila, Ing. Carlos Henry Schulze Schreiber, Ing. Bernardo Martell Andrade, Ing. Carlos Garza González Vélez, Ing. Gilberto Silva Romo, Dr. Arturo Carranza Edwards, Ing. María de la Paz Hernández Rivera, Ing. Fernando Rosique Naranjo, Ing. Juan Carlos Cruz Ocampo, Ing. Miguel A. Ruvalcaba Sepúlveda, Ing. Claudia C. Mendoza Rosales, Ing. Alberto Herrera Palomo, Biol. Rosalía Guerrero Arenas, por impartirme sus conocimientos y experiencias e inculcarme el amor a las Ciencias de la Tierra y hacia la GEOLOGÍA.

Al personal de laboratorio de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra: a Jorge, en especial al Sr. José Rodríguez Ruíz (Don Pepe), Salvador Ruíz Yañes (Chavita) y Juan José Ramírez Estrada en la elaboración de secciones delgadas e impregnación de las mismas y fotomicrografías para realizar el presente trabajo.

iiii GRACIAS POR TODAS SUS ENSEÑANZAS !!!!

DEDICATORIAS

A mi adorada madre en especial, la Sra. Esperanza Jiménez Carreño por brindarme todo su apoyo, amor y confianza; por indicarme con sus consejos, anécdotas e historias, pero sobre todo su perseverancia, siempre el camino correcto en la vida, por ser siempre la mujer admirable que me proporciona un ejemplo de lucha, fuerza y constancia; por no flaquear en momentos difíciles y por estar siempre a mi lado apoyandome en todo momento.

A mi hermano Jorge Mejía Jiménez, al cual admiro por ser siempre mi compañero, mi amigo y por el gran cariño, apoyo constante e incondicional que siempre me ha brindado para realizar y concluir mi carrera profesional y ser siempre un gran ejemplo a seguir.

A mi hermano Alejandro Mejía Jiménez, por su apoyo incondicional.

Al amor de mi vida, mi novia, confidente, compañera, mi tesoro, Guadalupe Patricia Zúñiga Huerta, por ser quién es, por darme siempre su apoyo incondicional, su cariño, su amor en todo momento, por quererme como soy con todas mis inquietudes y por ser el complemento de mi vida.

A Victor C. Quintana Salinas y Familia, por todo su apoyo incondicional, confianza y amistad para realizarme como profesional.

A todos mis compañeros de clases y del área de Ciencias de la Tierra, no pongo nombres para evitar que se me olvide alguno, pero a todos ellos gracias por su amistad.

A mis amigos (toda la banda) y en **memoria a Hugo Flores Mondragón (†)**, Manuel (Palencia), Epifanio (Epi), Omar (Edu), Francisco Javier (Tigre), Roberto (Robert), Ruth (Wacha), Martha (Martiruchis), José Antonio (Toñito), Miguel (Mike), Leonardo (Will), Alfredo (Campeón), Víctor (Calabacito), Aldo (Harry), Noé (Pachón), Alberto (Mole), Luís (Luigy), José Luis (La Burra), Alfonso (Ponchito), Juan Antonio (Alf), José Luís (Charcos), Manuel (Landeros), Adolfo (Fiu-Fiu), a los hermanos Faisal, Jonathan (Ricky), Octavio (Chicotrom), Ulises (Enano), Octavio Chávez (el Cata Chávez), Pablo, Saúl (Pelón), Alejandro (Control), Federico (Ludovico), Ernesto (Negrito) y a todos aquellos compañeros "los elegidos" que integraron el equipo (pentacampeón en la Facultad de Ingeniería) en los torneos internos el glorioso "**Machos Neza**" y a nuestros amigos del equipo de **Cancerveros**, gracias a todos por su amistad, respeto y cariño.

A todos mis amigos maestros académicos en especial al Ing. Marco Gómez y compañeros integrantes del equipo de futbol soccer académico tanto interno "Pumas Ciencias Básicas", como interfacultades "Facultad de Ingeniería" campeones en 2005, muchas gracias por su amistad, cariño y apoyo.

A todos los compañeros integrantes del equipo Cruz Azul anexo STUNAM, por su amistad y apoyo.

¡¡¡¡¡ Principalmente a todas aquellas personas que siempre creyeron en mi y a todas aquellas que viven en mis recuerdos, muchas gracias !!!!

ÍNDICE

RESUMEN

	Página
I. INTRODUCCIÓN	
I.1. Objetivo . . . . .	. 1
I.2. Prólogo . . . . .	. 1
I.3. Método de trabajo. . . . .	. 2
a) Vías de comunicación	
b) Clima	
c) Vegetación	
I.4. Generalidades de la Plataforma Morelos–Guerrero . . . . .	. 4
II. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	
II.1. Geología regional . . . . .	. 8
II.2. Provincias . . . . .	. 11
a) Fisiográficas . . . . .	. 11
Ubicación	
Rasgos orográficos	
Región hidrográfica	
b) Geológicas . . . . .	. 12
c) Terrenos tectonoestratigráficos . . . . .	. 14
II.3. Estratigrafía . . . . .	. 15
II.4. Estructuras geológicas . . . . .	. 37
II.5. Evolución geológica de la Plataforma Morelos–Guerrero . . . . .	. 38
III. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO	
III.1. Descripción de actividades . . . . .	. 41
III.2. Levantamiento de datos geológicos . . . . .	. 43
III.3. Datos de ubicación de afloramientos . . . . .	. 54
III.4. Integración de datos geológicos . . . . .	. 56
IV. CONCLUSIONES	
IV.1. Resultados . . . . .	. 96
IV.2. Conclusiones . . . . .	. 99
Referencias bibliográficas . . . . .	. 100
Planos e ilustraciones . . . . .	. 105

ÍNDICE DE FIGURAS, ESQUEMAS Y TABLAS.

	Página
Figura 1. Mapa de carreteras de los estados de Morelos y Guerrero . . . . .	. 3
Figura 2. Localización de depósitos marinos en la Plataforma Morelos–Guerrero . . . . .	. 4
Figura 3. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero . . . . .	. 5
Figura 4. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero . . . . .	. 6
Figura 5. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero . . . . .	. 6
Figura 6. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero . . . . .	. 7
Figura 7. Localización del área de estudio de la Plataforma Morelos–Guerrero . . . . .	. 8
Tabla 1. Unidades litoestratigráficas pertenecientes a la PMG . . . . .	. 10
Figura 8. Mapa Fisiográfico de México . . . . .	. 11
Figura 9. Localización y geología de la PMG . . . . .	. 13
Figura 10. Mapa de Terrenos tectonoestratigráficos y estructurales de la PMG . . . . .	. 14
Figura 11. Mapa de terrenos tectonoestratigráficos donde se ubica la PMG . . . . .	. 15
Tabla 2. Correlación de unidades estratigráficas en la PMG . . . . .	. 36
Figura 12. Mapa de relación estructural en la PMG . . . . .	. 37
Esquema 1. Paleogeográfico de la evolución tectónica de la PMG . . . . .	. 38
Esquema 2. Paleogeográfico de la evolución tectónica de la PMG . . . . .	. 39
Esquema 3. Paleogeográfico de la evolución tectónica de la PMG . . . . .	. 39
Esquema 4. Paleogeográfico de la evolución tectónica de la PMG . . . . .	. 40
Esquema 5. Paleogeográfico de la evolución tectónica de la PMG . . . . .	. 40
Tabla 3. Ubicación de afloramientos con gps . . . . .	. 54
Tabla 4. Cálculo de porosidad en rocas de la PMG . . . . .	. 95
Fotomicrografías parte 1 . . . . .	. 105
Fotomicrografías parte 2 . . . . .	. 106
Mapa geológico del área de trabajo . . . . .	. 107
Mapa de localización de estaciones de trabajo . . . . .	. 108
Ejemplo. Fotografías en google earth y arc view . . . . .	. 109

RESUMEN

Se realizó el estudio geológico en el área denominada Plataforma Morelos–Guerrero la cual se extiende con dirección aproximada norte–sur de poco más de 170 kilómetros de largo y aproximadamente 80 kilómetros de ancho en su parte más angosta, perteneciente a la Sierra Madre del Sur, con el objetivo de determinar si las rocas de edad cretácica que constituyen la zona de estudio, cumplen con las características, condiciones apropiadas y procesos geológicos para formar un sistema petrolero.

En la zona se encuentran importantes depósitos marinos, los cuales se localizan principalmente en los estados de Morelos y Guerrero, se realizaron varias visitas con el fin de ubicar afloramientos propicios para la descripción, ilustración y el muestreo de roca sana, para su análisis en laboratorio.

Las formaciones que se cubren dentro de los seis afloramientos propuestos son: Xochicalco, Huitzuc, Morelos, Cuautla y Mezcala, en donde se encontraron rocas sedimentarias, clasificadas como calizas, anhidritas, yesos, limolitas, lutitas, areniscas y conglomerados.

Se ubicaron cada uno de los afloramientos por medio de un posicionador satelital (gps), se realizó a detalle la descripción en campo para cada punto o estación en cada afloramiento, así como un muestreo de roca sana, para su posterior análisis en laboratorio.

Derivado de los análisis efectuados a las muestras de rocas, se obtuvieron los resultados para definir su composición mineralógica, relación textural, porosidad y así poder determinar si las rocas cumplen con las características de ser formadoras de un sistema petrolero, es decir, ser rocas generadoras, almacenadoras, trampas o sellos. Con base en lo anterior, se concluye lo siguiente:

El área denominada Plataforma Morelos–Guerrero es el modelo de un sistema petrolero, ya que las rocas cumplen con todas las características para formarlo. Así mismo, se determinó que no existieron las condiciones y procesos geológicos para producir yacimientos de gas y aceite.

Adicionalmente, en el caso de haber sido un sistema petrolero, es decir, que existieran yacimientos de gas y aceite (Hernández–Romano, U.), con la condición en este caso de que se conservaran los hidrocarburos, debido al intenso levantamiento que sufrió toda la zona, se puede pensar que los hidrocarburos migraron a otra parte de la corteza, para lo cual se deben realizar estudios más detallados.

No obstante lo anterior, se mencionan factores, por los cuales no se pudieron haber preservado los yacimientos de hidrocarburos, en el caso de haber existido como son la erosión, el intenso tectonismo (grandes levantamientos), la actividad volcánica y la actividad plutónica.

“Rocas potencialmente formadoras de un sistema petrolero en la Plataforma Morelos–Guerrero”.

I. INTRODUCCIÓN

I. 1. Objetivo

El presente trabajo tiene como propósito fundamental ser una fuente de consulta actualizada, para ubicar e ilustrar rocas cretácicas potencialmente formadoras de un sistema petrolero pertenecientes a la denominada Plataforma Morelos–Guerrero.

I. 2. Prólogo

Un sistema petrolero es un sistema natural, que incluye todos los elementos y procesos geológicos esenciales para que un yacimiento de aceite y / o gas exista en la naturaleza, el cual se estudia como un modelo dinámico, donde intervienen varias entradas a la cuenca sedimentaria (sedimentos, materia orgánica), ocurre su transformación (diagénesis, catagénesis) y se genera el aceite y / o gas, que finalmente puede acumularse en una trampa petrolera.

Los subsistemas básicos son: generador, migración, almacenador, sello y entrapamiento, todos estos subsistemas deben de estar concatenados en tiempo y espacio, para que se forme una acumulación natural de petróleo y / o gas en la corteza terrestre.

Este trabajo se realizó con el fin de situar afloramientos de rocas sedimentarias, pertenecientes a la denominada Plataforma Morelos–Guerrero, que tuvieran las características de las rocas constituyentes de un sistema petrolero, no quiere decir esto que conformen un real sistema petrolero.

Es decir, se buscaron afloramientos formados por rocas que pudieran haber sido rocas generadoras de hidrocarburos, rocas que presentaran las condiciones para ser rocas almacenadoras de hidrocarburos y rocas sello con propiedades que impidieran el paso de fluidos a través de ellas, es decir rocas impermeables.

De haber existido las condiciones apropiadas y los procesos geológicos que produjeran yacimientos de hidrocarburos, las rocas aquí descritas hubieran constituido un sistema petrolero.

El área de estudio se ubica en la Plataforma Morelos–Guerrero, en la que se desarrollaron importantes depósitos marinos mesozoicos, se encuentra localizada en la mayor parte del estado de Morelos y al noreste del estado de Guerrero y sureste del estado de México.

Las rocas características de la Plataforma Morelos–Guerrero comprenden una sucesión que alcanza un espesor mayor a los 800 m del Albiano–Maestrichtiano. Los estratos marinos (formaciones Morelos, Cuautla y Mezcala), cubren a la Formación Zicapa y a la Anhidrita Huitzucó (De Cserna, Z. et al., 1981, Hernández–Romano, U. et al., 1997).

La secuencia sedimentaria marina expuesta en esta región abarca un intervalo cronoestratigráfico que va desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior.

I. 3. Método de trabajo:

La elaboración de este trabajo se realizó en varias etapas, en la etapa I inició con la búsqueda, selección y recopilación de información bibliográfica, en donde se revisaron catálogos físicos y electrónicos de diferentes bibliotecas, se ubicaron y recuperaron los materiales de interés; otra fuente de información de donde se obtuvieron varios artículos, fue en el internet donde se utilizaron diferentes navegadores.

En la etapa II consistió en el análisis de la información y se estudiaron a detalle todos los materiales recopilados, durante esta etapa se ordenó el material de utilidad de acuerdo a su contenido y calidad.

Para la etapa III se llevó a cabo la síntesis de información, donde a partir de lo estudiado se generaron resúmenes con la información sustancial que aportó cada artículo, página de internet, libro, boletín, tesis, etc.

Finalmente en la etapa IV se realizaron salidas al campo, el trabajo se planeó a partir de una selección de afloramientos en donde se propuso que cada afloramiento fuera didáctico, accesible y que tuviera las seguridades propias para estudiarlo y analizarlo.

Una vez elegido el afloramiento se precisó su ubicación de cada uno de los puntos o estaciones con un posicionador satelital (gps), se procedió al análisis de campo para obtener descripciones de las rocas, fotografías y muestras de roca, en las diferentes estaciones para su posterior estudio petrográfico y precisar si las mismas pudieron o no formar un sistema petrolero.

Como parte de la planeación se llevó a cabo la tarea de buscar en la bibliografía, a) las vías de comunicación, b) el clima, c) la vegetación y las generalidades de la denominada Plataforma Morelos–Guerrero, las cuales se presentan a continuación.

a) Vías de comunicación:

Utilizando las carreteras federales o de cuota, el estado de Morelos y el estado de Guerrero se comunican con el Distrito Federal a través de carreteras pavimentadas. La más importante es la autopista México–Cuernavaca (95 D); su continuación hacia el sur, conocida como Autopista del Sol, conecta la ciudad de Cuernavaca con el puerto de Acapulco.

La carretera federal México-Acapulco (95) atraviesa, como la anterior, todo el territorio morelense y guerrerense de norte a sur, por su parte occidental (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981). La distribución de las carreteras son mostradas en el siguiente mapa de carreteras (Guía Roji, 2006).

Los afloramientos se ubican saliendo del Distrito Federal: el primero en el llamado cerro de las Piedras Preciosas el cual se localiza 1 kilómetro al sur de Jiutepec, el segundo en el cerro Xochicalco a la entrada de la zona arqueológica Xochicalco.

El tercero en Paso Morelos–Huitzuc y se localiza 4 kilómetros al oeste de Paso Morelos, el cuarto en el poblado Agua Salada y se localiza en Tlapala, el quinto en Xalitla que se localiza en la carretera federal Iguala–Chilpancingo aproximadamente en el kilómetro 162, por último el sexto río Mezcala ubicado a un costado del restaurante Isabel se localiza en la carretera federal Iguala–Chilpancingo aproximadamente en el kilómetro 173. En la figura 1, los afloramientos se representan con un rectángulo de color rojo.

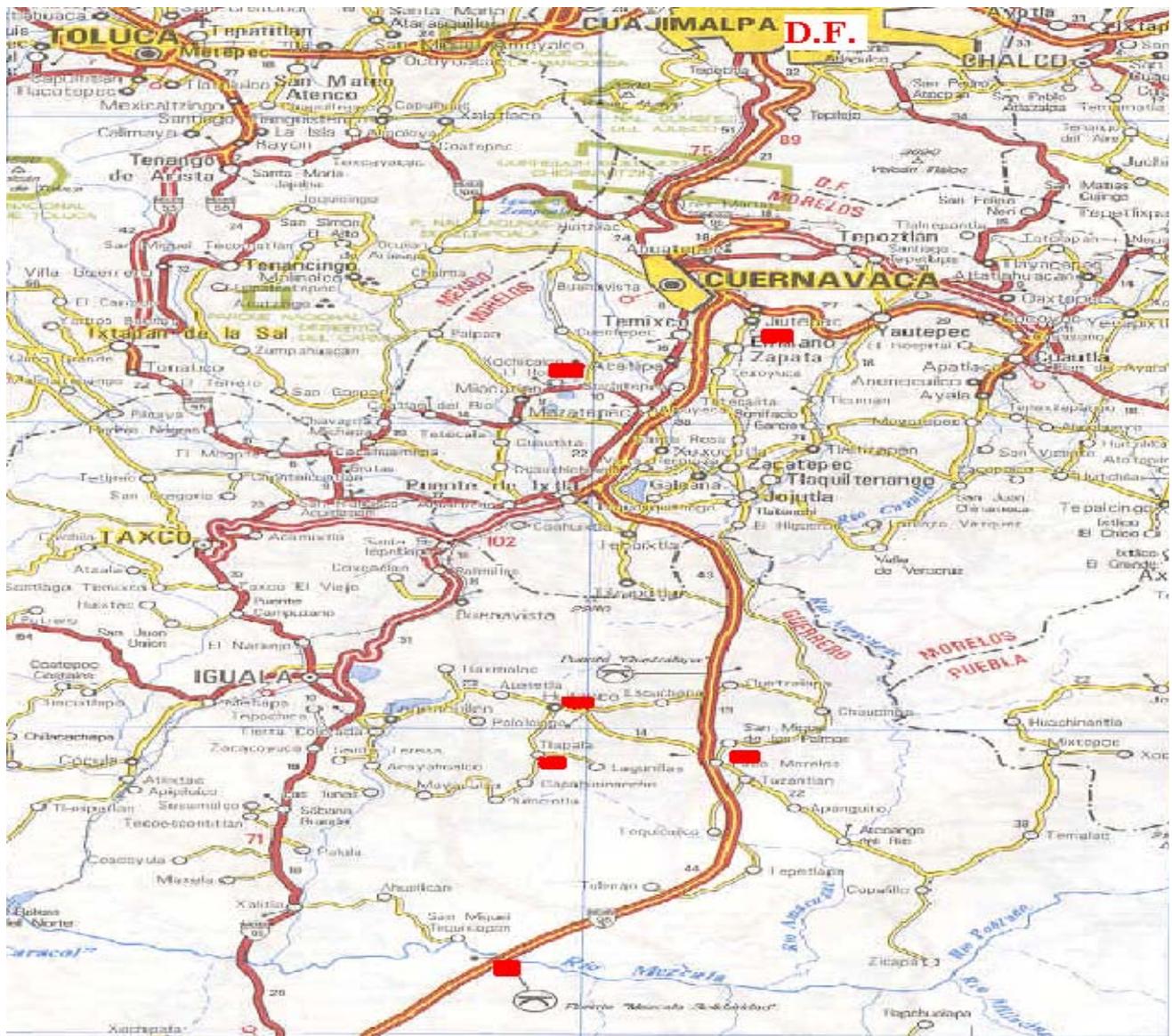


Figura 1. Mapa de carreteras de los estados de Morelos y Guerrero, Guía Roji-2006.

b) Clima

Los climas subhúmedos, cálidos y semicálidos imperan en gran parte de la provincia, pero en ciertas regiones elevadas, incluyendo algunas con extensos terrenos planos como los valles centrales de Oaxaca, predominan los climas semisecos, templados y semifríos, en tanto que al oriente, en los límites con la Llanura Costera del Golfo Sur, hay importantes áreas montañosas húmedas cálidas y semicálidas.

c) Vegetación

La vegetación que predomina en la depresión del Balsas en las regiones surorientales de la provincia es la selva baja caducifolia; los bosques de encinos y de coníferas ocupan las zonas más elevadas, y la selva mediana subcaducifolia, se extiende sobre toda la franja costera del sur. Aparte de esta vegetación hay en la provincia una de las comunidades florísticas más ricas del mundo. La región manifiesta, además, un alto grado de endemismo (riqueza en especies exclusivas del lugar).

I. 4. Generalidades sobre la Plataforma Morelos–Guerrero.

En el área de la Plataforma Morelos–Guerrero, se desarrollaron importantes depósitos marinos mesozoicos, ésta se encuentra localizada en la mayor parte del estado de Morelos y en pequeñas porciones del estado de Guerrero y sureste del estado de México como se puede apreciar en la figura 2.

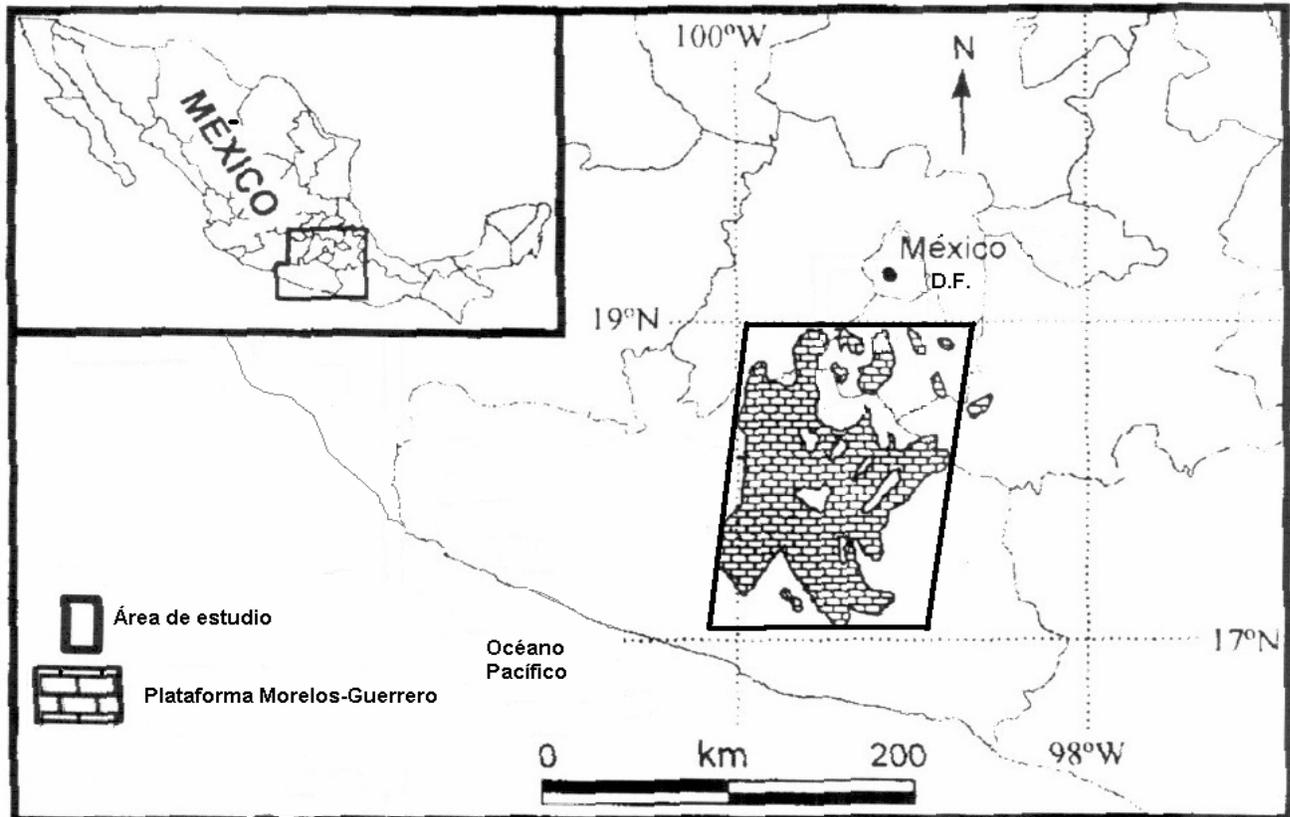


Figura 2. Localización de depósitos marinos en la Plataforma Morelos–Guerrero, por Aguilera-Franco, N. y Hernández-Romano, U. (1995).

La secuencia sedimentaria marina expuesta en esta región cubre un intervalo cronoestratigráfico que varía desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. El término Plataforma Morelos–Guerrero (PMG) se ha utilizado para designar una área caracterizada por afloramientos extensos de calizas depositadas en un ambiente de plataforma marina (Fries, C. Jr., 1960; Hernández-Romano, U. et al. 1997).

La zona de la Plataforma Morelos–Guerrero se extiende con dirección aproximada norte–sur, de poco más de 170 kilómetros de largo y aproximadamente 80 kilómetros de ancho en su parte más angosta. Hacia el norte de Cuernavaca, las rocas cretácicas de la Plataforma Morelos–Guerrero desaparecen por debajo de las rocas volcánicas del Eje Neovolcánico Transmexicano, mientras que al sur de Chilpancingo la Plataforma Morelos–Guerrero termina abruptamente donde las calizas de la plataforma se encuentran en contacto tectónico con las rocas de la corteza media (Complejo Xolapa). Como se observa en la actualidad, los flancos laterales de la Plataforma Morelos–Guerrero son cordilleras levantadas por sistemas de fallas (cabalgaduras). Hacia el oeste, la cabalgadura Teloloapan, pone en contacto las rocas de la Plataforma Morelos–Guerrero con rocas volcánicas del Cretácico Inferior (Campa, U. M. F. y Coney, P. J., 1983).

El mismo arreglo de cabalgaduras se observa también dentro del área de la Plataforma Morelos–Guerrero en la parte oriente. Al sureste y este de la cabalgadura del río Papalutla, las rocas que afloran son principalmente metamórficas del complejo Acatlán con una cubierta de rocas jurásicas, restos aislados de calizas del Albiano y rocas del Terciario (De Cserna, Z. et al. 1980). La cabalgadura del río Papalutla es una estructura que limita la parte oriental de la Plataforma Morelos–Guerrero, con los afloramientos del complejo Acatlán.

El basamento regional, consiste de rocas metamórficas del Paleozoico (Complejo Acatlán; Ortega–Gutiérrez, F., 1978). Este basamento aflora en la parte más oriental del área de estudio y se encuentra cubierto por secuencias volcánicas y sedimentarias de edad jurásica, que no afloran en el área de la Plataforma Morelos–Guerrero. Estas rocas incluyen al Grupo Tecocoyunca, sedimentos siliciclásticos y las formaciones Cualac (Guzmán, R. J., 1950), conglomerado de cuarcita, e Ignimbritas Las Lluvias (Corona–Esquivel, R. J., 1983).

De esta secuencia fueron fechadas, mediante el método de K–Ar, muestras de ignimbritas y lavas andesíticas y basálticas que arrojaron edades del Jurásico al Cretácico temprano (181–143 Ma.; Martínez–Keem, 1986, en García–Díaz, 1999), aunque no se encuentra reportada su localización exacta. Las lavas básicas se encuentran ligeramente metamorfoseadas y afloran principalmente en el área de Mitlalcingo (Consejo de Recursos Minerales y ERCT–UAG 1997).

A partir del Cretácico Inferior, el área cubierta por la Plataforma Morelos–Guerrero está caracterizada por rocas sedimentarias depositadas en ambientes marinos y continentales, las intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentarias ocurren principalmente en el Terciario.

Desde el Neocomiano y hasta principios del Albiano, se depositaron potentes espesores de lechos rojos, especialmente conglomerados, (Formación Zicapa) con algunas lavas basálticas intercaladas que se observan principalmente en la zona cercana al complejo Acatlán (ver la figura 3), en lo que se interpreta como el borde del continente (Salinas–Prieto, J. C., 1986). La edad asignada a estas lavas mediante el método $Ar^{40} - Ar^{39}$, es de 125 \pm 2 Ma (Fitz–Díaz, E. y Campa–Uranga, M. F., 2002).

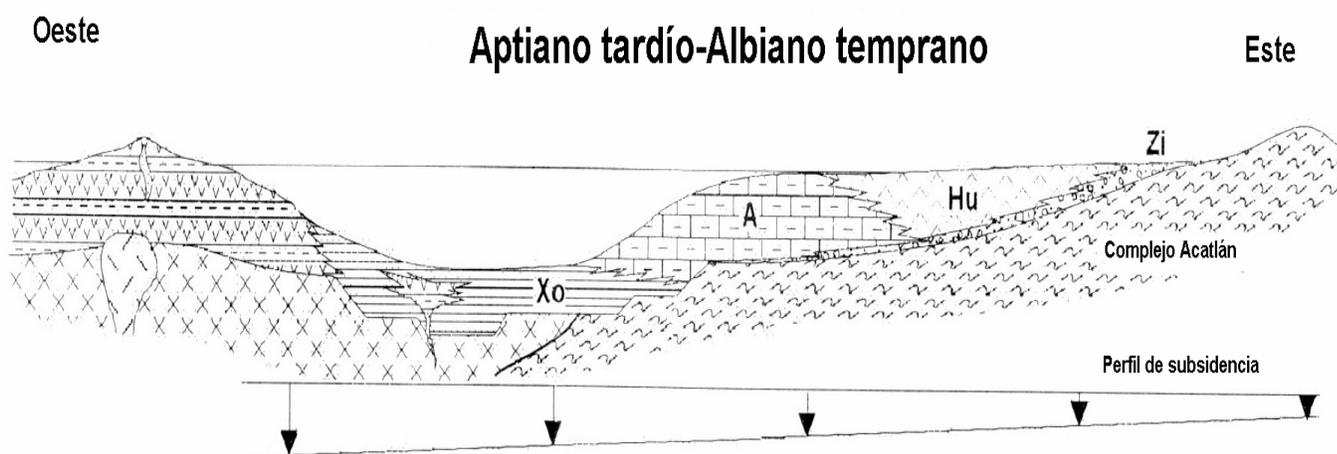


Figura 3. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero, en donde las abreviaciones son: Xo–Formación Xochicalco; A–Formación Acahuizotla; Hu–Formación Huitzuco; Zi–Formación Zicapa. Basada en secciones hechas por Sánchez–Zavala, J. L., (1993).

Con base en escasos afloramientos de evaporitas (Anhidrita Huitzucó) y cuya relación con otras unidades no se encuentra bien determinada, pero que se ubica por debajo las calizas de la Formación Morelos, se ha interpretado un ambiente de sabkha en la transición entre una planicie costera al oriente (Formación Zicapa) y una plataforma abierta de carbonatos al occidente (Formación Acahuizotla) durante este periodo (De Cserna, Z. et al. 1980; Salinas-Prieto, J. C., 1986; Hernández-Romano, U. et al., 1997). (Ver la figura 4).

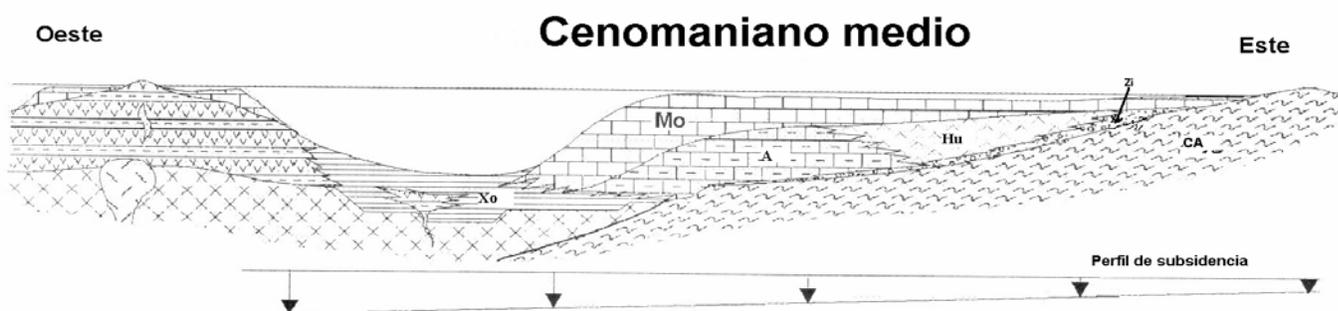


Figura 4. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero, en donde las abreviaciones son: CA – Complejo Acatlán; Xo–Formación Xochicalco; A–Formación Acahuizotla; Hu–Formación Huitzucó; Zi–Formación Zicapa; Mo–Formación Morelos. Basada en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

Durante el Albiano–Cenomaniano, el depósito estuvo caracterizado por sedimentos de carbonatos en un ambiente de plataforma abierta hacia el poniente (Fries, C. Jr. 1960; Hernández-Romano, U. op. Cit.). Las condiciones de subsidencia que prevalecieron a partir del Albiano permitieron el depósito prácticamente sin interrupción de más de 1000 m de espesor de calizas (Hernández-Romano, U. op. Cit.).

Esta condición fue finalmente interrumpida hacia el final del Cenomaniano cuando la plataforma fue sumergida por los efectos combinados de un evento anóxico global y el aporte de sedimentos clásticos terrígenos provocado por el levantamiento de la Orogenia Laramide (Hernández-Romano, U. op. Cit.), como se puede apreciar en la figura 5.

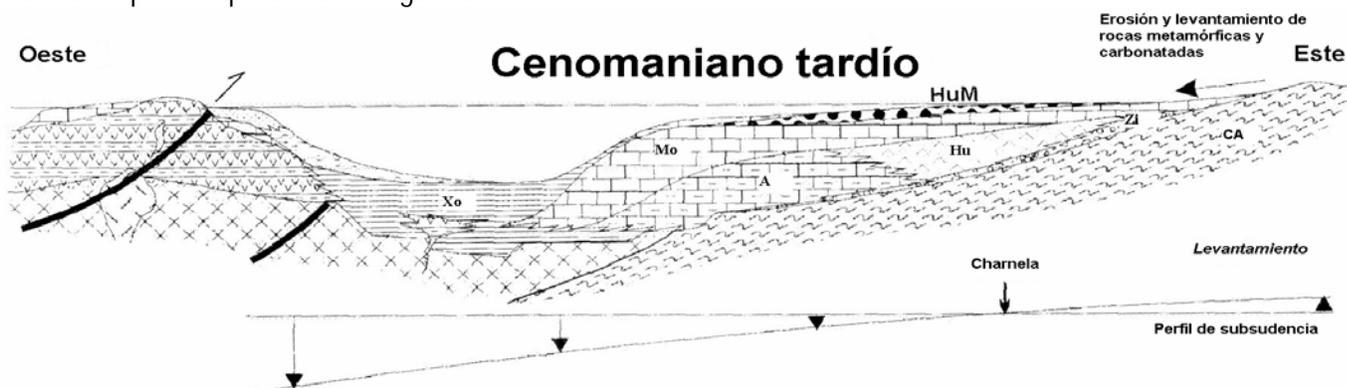


Figura 5. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero, en donde las abreviaciones son: CA – Complejo Acatlán; Xo–Formación Xochicalco; A–Formación Acahuizotla; Hu–Formación Huitzucó; Zi–Formación Zicapa; Mo–Formación Morelos; HuM –Miembro Huitziltepec. Basada en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

Durante la Orogenia Laramide los potentes depósitos del ambiente marino de la Formación Mezcala y sus cambios de facies son consistentes con el desarrollo de una cuenca de antepaís cerrada hacia el poniente aunada a una subsidencia (Hernández–Romano, U. op. Cit.).

Hacia el final del Cretácico e inicios del Terciario, el ambiente de depósito cambia de marino a continental de forma abrupta en el poniente y de forma gradual hacia la parte oriental de la Plataforma Morelos–Guerrero. Las evidencias paleontológicas indican que algunos afloramientos de depósitos marinos costeros asociados con la Formación Mezcala alcanzarían una edad del Maestrichtiano Inferior en el extremo noreste de la Plataforma Morelos–Guerrero (Perrilliat et al., 2000), como se puede apreciar en la figura 6.

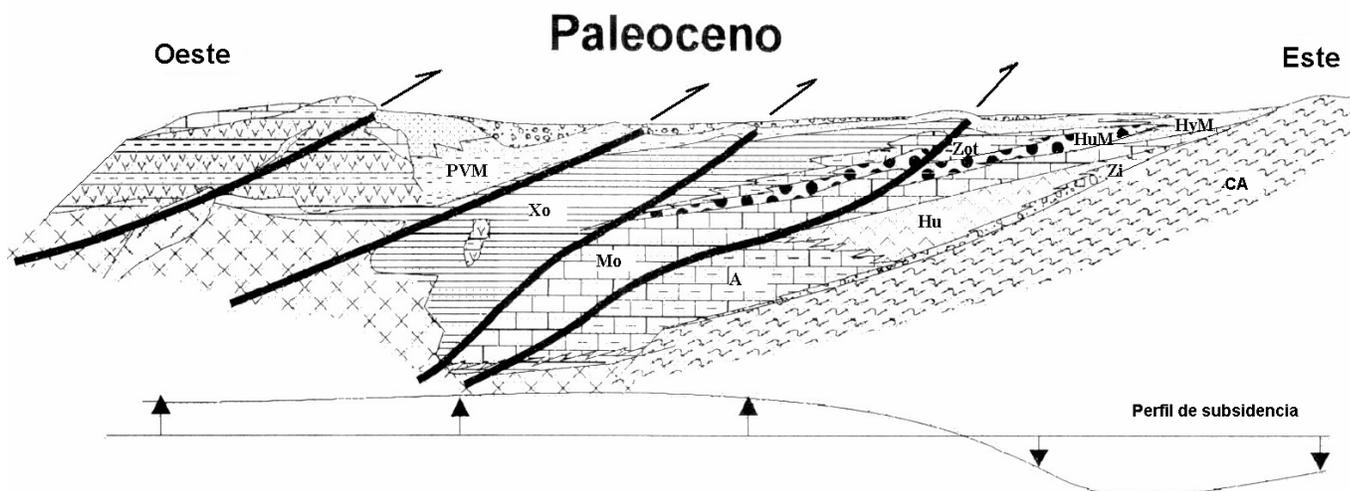


Figura 6. Paleogeográfico de la Plataforma Morelos Guerrero, en donde las abreviaciones son: CA–Complejo Acatlán; Xo–Formación Xochicalco; A–Formación Acahuizotla; Hu–Formación Huitzuc; Zi–Formación Zicapa; Mo–Formación Morelos; HuM–Miembro Huitziltepec; Zot–Miembro Zotollitlan; PVM–Miembro Pueblo Viejo; HyM–Miembro Hueytlalpan. Basada en secciones hechas por Sánchez–Zavala, J. L., (1993).

Hacia finales del Maestrichtiano se encuentran evidencias de un primer episodio magmático de importancia durante el cual se emplazaron cuerpos intrusivos (Meza–Figueroa, D.M., et al., 2003; González, P. E., et al., 2003) que cortan fallas inversas en la parte oeste de la Plataforma Morelos–Guerrero y rocas volcánicas asociadas con este episodio en la zona del río Mezcala cerca de Tetelcingo (Ortega, G. F., 1980).

Posteriormente a estos eventos la zona emergió sobre el nivel del mar y se depositaron potentes estratos de conglomerados continentales. A finales del Eoceno y principios del Oligoceno comenzó una erupción magmática, que se distribuyó en toda la Sierra Madre del Sur y que está representada por intrusivos, emisiones de composición riolítica y en menor grado andesítica, además de ignimbritas (Morán, Z. D. J., et al., 1999; Martiny, K. B., et al., 2000).

Hacia el sur de la Plataforma Morelos–Guerrero, las calizas de plataforma se encuentran formando potentes espesores de conglomerados en el contacto con rocas de la corteza media, lo que ha sido interpretado como una exposición del Complejo Xolapa, asociado al desplazamiento del Bloque Chortis (Moran, Z. D. J. et al. 1996; Mills, 1998). Mills (op. cit.). Finalmente, es probable que el levantamiento tectónico de bloques estructurales y la exposición del Complejo Xolapa hayan causado además una reorganización de la sedimentación en la zona.

II. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

II. 1. Geología regional

El área de la Plataforma Morelos–Guerrero, se encuentra localizada en la mayor parte del estado de Morelos y en pequeñas porciones al noreste del estado de Guerrero y sureste del estado de México, en donde se desarrollaron importantes depósitos marinos mesozoicos. La secuencia descansa sobre rocas metamórficas del Cretácico inferior representado por el Esquisto Taxco (Fries, C.Jr., 1960; De Cserna, Z., et al., 1975), que en esa área subyace a una unidad de andesitas ligeramente metamorfizadas y Fries, C.Jr., (1960) llamó Roca Verde Taxco Viejo. Campa–Uranga, M. F. (1978) encuentra mucha semejanza entre las rocas del Esquisto Taxco descritas por Fries y las rocas vulcanosedimentarias del Cretácico Inferior que afloran al occidente de Teloapan, por lo que la edad del Esquisto Taxco no es Precámbrica y en este caso esta unidad no forma parte del basamento metamórfico sobre el que evolucionó la secuencia sedimentaria mesozoica de la Plataforma sedimentaria Morelos–Guerrero.

Hacia los límites de Guerrero y Oaxaca, la secuencia sedimentaria marina de la Plataforma Morelos–Guerrero descansa sobre el basamento metamórfico Paleozoico representado por el Complejo Acatlán, como se puede apreciar en la siguiente figura 7.

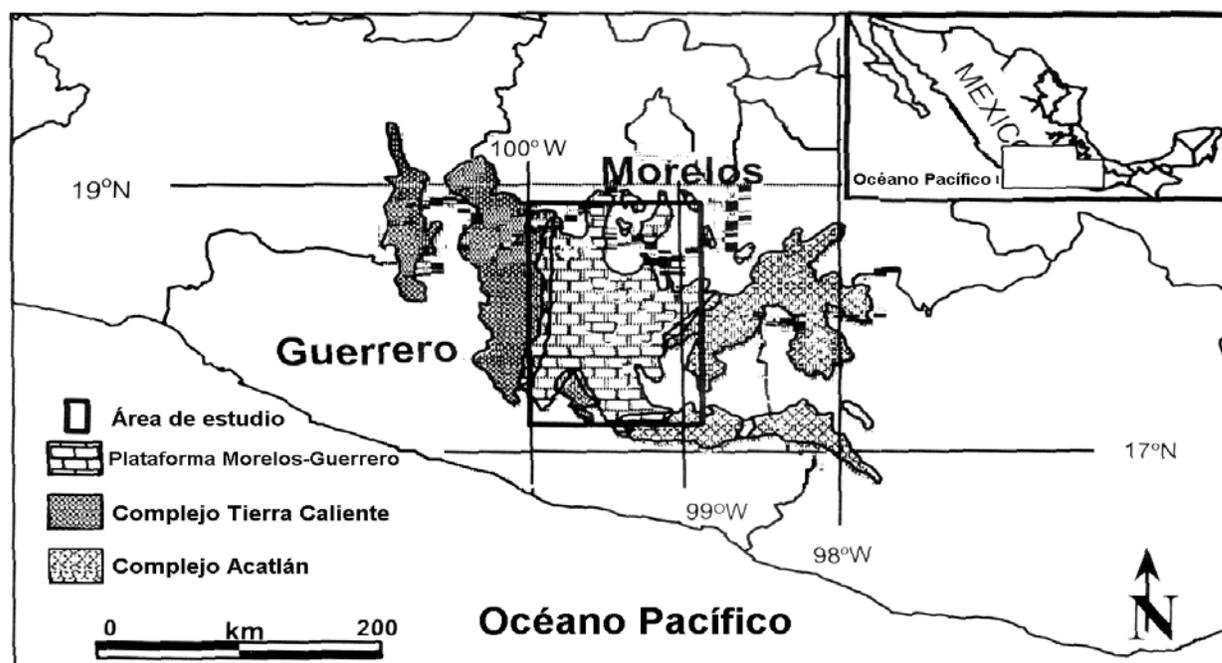


Figura 7. Localización del área de estudio de la Plataforma Morelos–Guerrero. Adaptada por Aguilera–Franco, N. et al., (2001).

Las unidades sedimentarias marinas de esta región se encuentran cubiertas discordantemente por depósitos continentales cenozoicos y rocas volcánicas del Eje Neovolcánico así como por algunos remanentes de vulcanismo riolítico oligocénico. La base del paquete mesozoico marino está representada por la Formación Acahuizotla del Jurásico Superior que está formada por sedimentos calcáreo–arcillosos que afloran en localidades aisladas.

Esta formación subyace en discordancia erosional, en las lutitas calcáreas de la Formación Acuitlapán del Neocomiano; ambas formaciones muestran el efecto de un metamorfismo dinámico débil. La Formación Xochicalco del Aptiano, también con escasos afloramientos, está formada por una secuencia de capas delgadas de caliza que descansan sobre la Formación Acuitlapán.

Posteriormente al depósito de la Formación Xochicalco ocurrió en la región un levantamiento que dio origen a la paleopenínsula de Taxco y a un periodo de erosión marcado por la presencia de una discordancia que pone en contacto a la Formación Xochicalco con diferentes horizontes de la Formación Morelos, que constituye la unidad calcárea que cuenta con los más extensos afloramientos en la región. Su nombre ha sido aplicado a secuencias de calizas que se extienden hasta Michoacán, Jalisco y Colima, aunque las características de litofacies no son las mismas.

Está formada por capas gruesas de caliza y dolomía en una secuencia que llega a alcanzar hasta 900 metros de espesor y que cuenta en la base con un miembro anhidrítico de algunos metros de espesor, las características litológicas y la fauna revelan que esta unidad se formó por el depósito de sedimentos calcáreos en un mar de aguas someras durante el intervalo Albiano–Cenomaniano.

En la postrimería del Cenomaniano ocurrió una emersión del área con el emplazamiento de varios troncos graníticos y con la erosión diferencial de la cima de la Formación Morelos. Durante el Turoniano se repite una invasión de los mares y se restablece la sedimentación calcárea con el desarrollo de un banco calcáreo desarrollado hacia el poniente de una línea que corre de Cuernavaca a Huitzucó.

El final del Turoniano marca un cambio drástico en la sedimentación de la Plataforma Morelos–Guerrero como resultado del levantamiento de gran parte de las zonas vulcanosedimentarias ubicadas en la región occidental de esta porción de México. Los depósitos de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, llegaron a formar una secuencia de más de 1200 metros de espesor, desarrollado en el Intervalo Turoniano–Campaniano. Al término del Cretácico e inicio del Terciario ocurrieron las deformaciones compresionales que dieron como resultado la formación de un sistema de pliegues anticlinales y sinclinales.

En el intervalo Eoceno–Oligoceno ocurrió un intenso fallamiento normal, acompañado de sedimentación clástica continental sobre las partes bajas de la nueva topografía. Esta sedimentación clástica continental se había iniciado desde mediados del Cretácico en las zonas ubicadas al occidente de esta región. El depósito de materiales conglomeráticos fue contemporáneo de algunos derrames lávicos de basalto, lo cual dio origen al conjunto litoestratigráfico denominado Grupo Balsas. Estos depósitos fueron seguidos por importantes emisiones volcánicas silíceas que formaron la cubierta ignimbrítica del área de Taxco, denominada Riollita Tilzapotla y por los depósitos vulcanoclásticos y volcánicos de la Formación Tepoztlán.

Según Campa–Uranga, M. F., (1978), esta región sufrió un combamiento considerable durante el Mioceno, que se explica por la inclinación de las capas del Grupo Balsas y por la posición anormalmente elevada de las ignimbritas del Oligoceno.

El Terciario Superior y el Cuaternario están caracterizados en esta región por la influencia de la actividad volcánica del Eje Volcánico Transmexicano y por el desarrollo de fosas tectónicas que produjeron el depósito de los sedimentos clásticos continentales de la Formación Cuernavaca.

A continuación se presenta la tabla 1 con las unidades litoestratigráficas de edad cretácica y que cubren el área de W-E más representativas en la Plataforma Morelos-Guerrero.

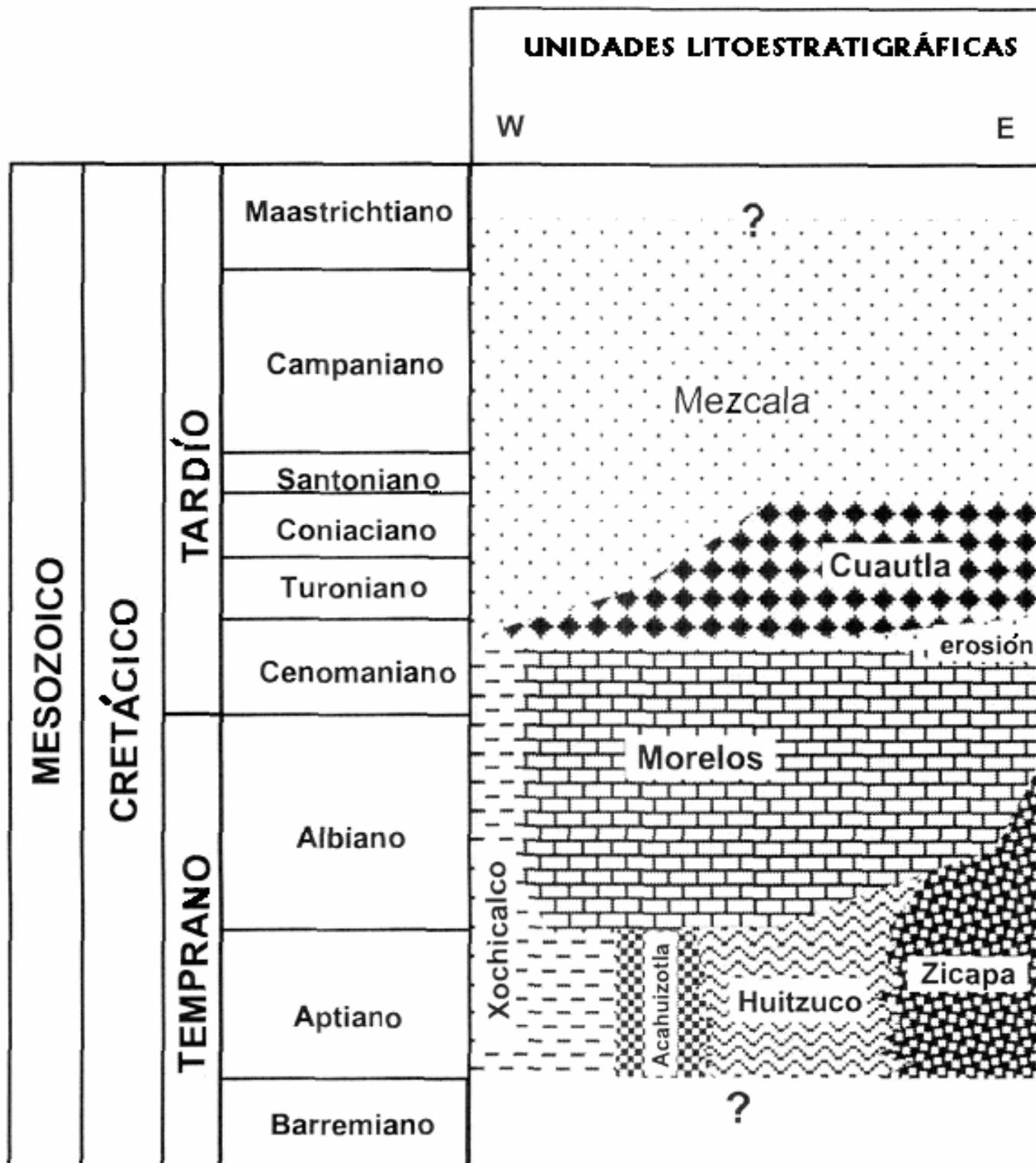


Tabla 1. Unidades litoestratigráficas de edad cretácica pertenecientes a la Plataforma Morelos-Guerrero, Hernández-Romano, U., 1995.

II. 2. Provincias

a) Fisiográfica

Ubicación de la Sierra Madre del Sur

Esta provincia limita al norte con la del Eje Volcánico Transmexicano, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico, al oeste y sur con el Océano Pacífico, como se puede apreciar en la figura 8.

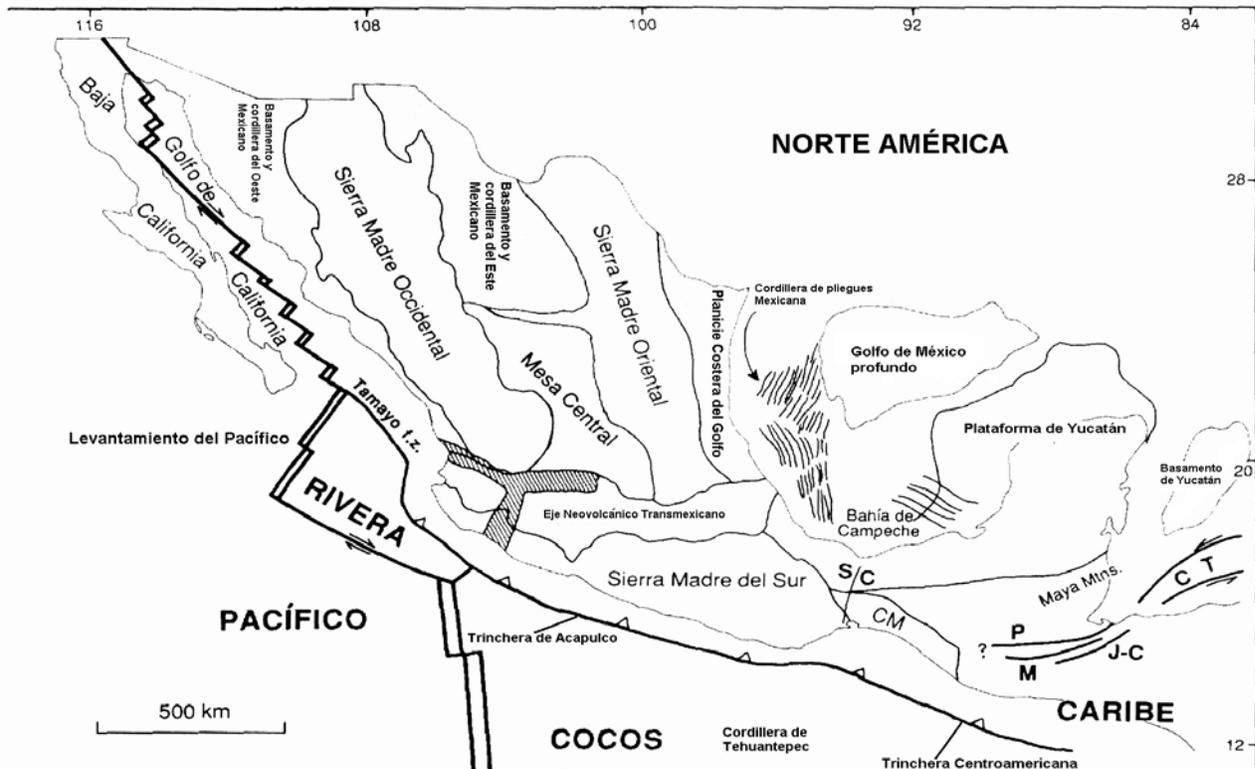


Figura 8. Mapa Fisiográfico de México (Sedlock, R. L. y colaboradores, 1993).

Rasgos orográficos

La provincia de la Sierra Madre del Sur (Raisz, E., 1964) que abarca el estado de Guerrero y partes de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca y Veracruz, está subdividida en varias subprovincias, se extiende por unos 200 kilómetros con dirección de NW a SE y cubre una superficie de 258 274 kilómetros cuadrados aproximadamente.

Atraviesa el estado de Guerrero a lo largo y cercanamente a la Costa del Océano Pacífico. En esta sierra casi no hay valles intermontanos, las grietas y fallas que presenta ponen de manifiesto el activo tectonismo de la región. Su anchura es de casi 100 Kilómetros y su altitud promedio de 2 000 m.s.n.m., sin embargo cuenta con algunos cerros que sobrepasan los 3 000 m.s.n.m., como el Cerro Teotepec con 3 550 m.s.n.m. y más alto de la región. La Depresión del Balsas (Raisz, E., 1964) es la subprovincia a la que corresponde la Plataforma Morelos–Guerrero: Se extiende de NW a SE con una longitud de 255 Km y una anchura media de 30 Km entre la Sierra Madre del Sur y el Eje Volcánico Transmexicano, presenta una altitud media de 500 metros y una superficie de 14 000 kilómetros cuadrados.

Se le considera como la continuación de la gran depresión del Golfo de California (Raisz, E., 1964). Es una región con relieve ondulado y montañoso, que sólo en sus partes bajas presenta depósitos sedimentarios. El declive de la Sierra Madre del Sur es más limitado que en el Eje Volcánico Transmexicano.

La dinámica que esta cuenca ha experimentado bajo las influencias de los importantes sistemas orogénicos que la rodean, hace pensar en una unidad en cuyo interior se pueden distinguir diversos tipos de fosas, como los llanos de Tierra Caliente y los valles de Iguala, Cocula y Amacuzac (SEPLAP, 1985).

Cuenca hidrológica

En la provincia, el sistema fluvial más grande es el Tepalcatepetl; otro importante es el río Balsas, uno de los siete mayores del país. En el extremo oriente nacen importantes afluentes del Papaloapan y del Tehuantepec. Sobre la vertiente sur de la provincia desciende un buen número de ríos cortos al Océano Pacífico. Pocos de ellos, como el Armería, el Coahuayana y el Papagayo nacen al norte de la divisoria de la sierra costera mientras que el Atoyac baja desde el valle central de Oaxaca. La cuenca del río Balsas tiene una característica notable; los tributarios están siendo controlados por las estructuras como son los ejes de los anticlinales y sinclinales que tienen una orientación casi N-S.

En cambio, el río principal corta perpendicularmente a éstas en forma de cañón, lo cual indica que podría existir un fenómeno de sobreimposición, ya que la red hidrográfica fue desarrollada independientemente de la estructura. Los meandros encajonados y la sobreimposición sugieren un antiguo trazo heredado por el actual río Balsas.

Pertenece a la región hidrológica RH-18 Río Balsas. Esta región cubre la mayor parte del estado (63.8%) desde Filo Mayor (la parte más alta de la Sierra Madre del Sur, con 3 100 m.s.n.m.), hasta los límites con los estados de Michoacán, México, Morelos, Puebla y Oaxaca.

El río Balsas predomina en esta región. Incluye seis cuencas: tres formadas por el propio río Balsas (las cuencas río Balsas-Mezcala, río Balsas-Zirándaro y río Balsas-Infiernillo) y las tres cuencas restantes formadas por los ríos Tlapaneco, Amacuzac y Cutzamala. En estas cuencas se tienen 12 presas; la mayoría, para riego y tres para la generación de energía eléctrica: El Caracol, El Infiernillo y José María Morelos (SEPLAP, 1985 y CGSNEGI, Carta Hidrológica Aguas Superficiales, escala 1: 1 000 000).

b) Geológica

En la Plataforma Morelos-Guerrero la cual pertenece a la provincia Sierra Madre del Sur, afloran las rocas más antiguas del estado de Morelos, que son las del Cretácico Inferior (Formación Morelos), desde el punto de vista litológico están clasificadas como calizas de ambiente marino.

El Cretácico Superior está representado por una secuencia interestratificada de areniscas y lutitas (Formación Mezcala); del Cenozoico afloran tanto rocas sedimentarias clásticas (de ambiente continental, clasificadas litológicamente como areniscas interdigitadas con conglomerados), como rocas volcánicas (de composición diversa ya que existen derrames de andesitas, emisiones riolíticas, tobas, brechas volcánicas y derrames de basalto) que cubren discordantemente a las rocas del Cretácico. Asociados a las rocas volcánicas existen algunos pequeños cuerpos intrusivos que afectan a las rocas cretácicas y producen mineralización.

Las estructuras más importantes de las rocas de esta provincia, son en primer lugar, los pliegues producidos en las rocas cretácicas, originadas por perturbaciones orogénicas de fines del Cretácico y principios del Terciario. Estructuralmente pueden describirse como anticlinales y sinclinales recostados, con ejes en dirección hacia el norte y noreste; estas estructuras se proyectan sepultadas bajo rocas clásticas y rocas ígneas extrusivas del Cenozoico. Otros rasgos estructurales importantes son las fallas que afectan con dislocaciones diferentes a las rocas cretácicas y terciarias, así como los conos cineríticos y sus derrames lávicos, los cuales se encuentran asociados a fracturas profundas que han permitido la extrabasación de grandes paquetes de rocas ígneas. También son característicos de esta provincia algunos hundimientos de zonas cavernosas (dolinas), debidos a la disolución de las rocas calcáreas cretácicas. En la figura 9 se muestra un mapa geológico de la Plataforma Morelos-Guerrero y su principal litología.

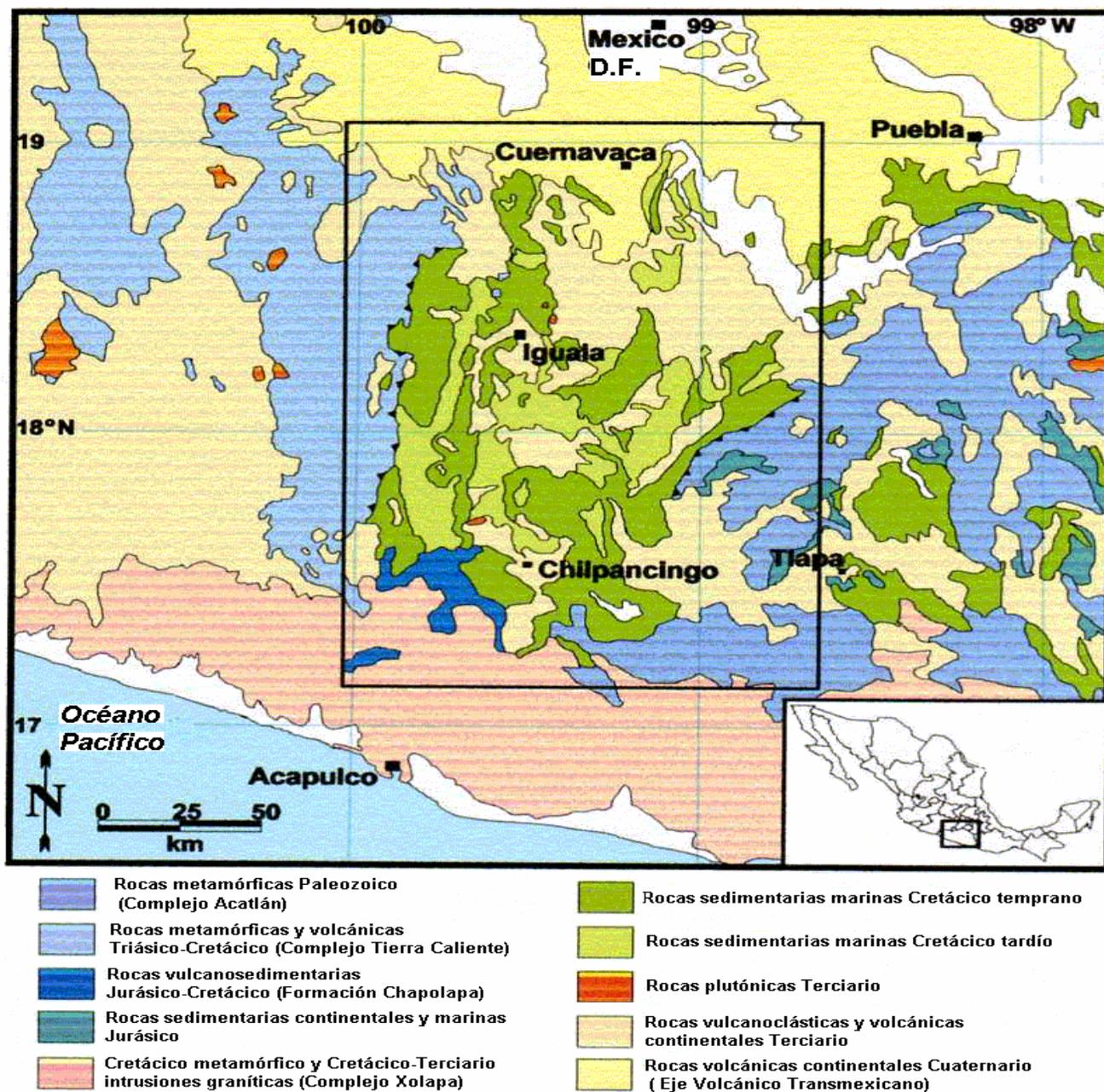


Figura 9. Localización de afloramientos Cretácicos de la Plataforma Morelos-Guerrero. Geología simplificada por Ortega-Gutiérrez, F., et al., 1992.

c) Terrenos tectonoestratigráficos

Considerando la división de los terrenos tectonoestratigráficos de Campa, U. M. F. y Coney, P. J., (1983), la Plataforma Morelos–Guerrero se localiza dentro del llamado terreno Mixteco. En la figura 10, se muestra un mapa tectonoestratigráfico y sus principales relaciones estructurales de la Plataforma Morelos–Guerrero.

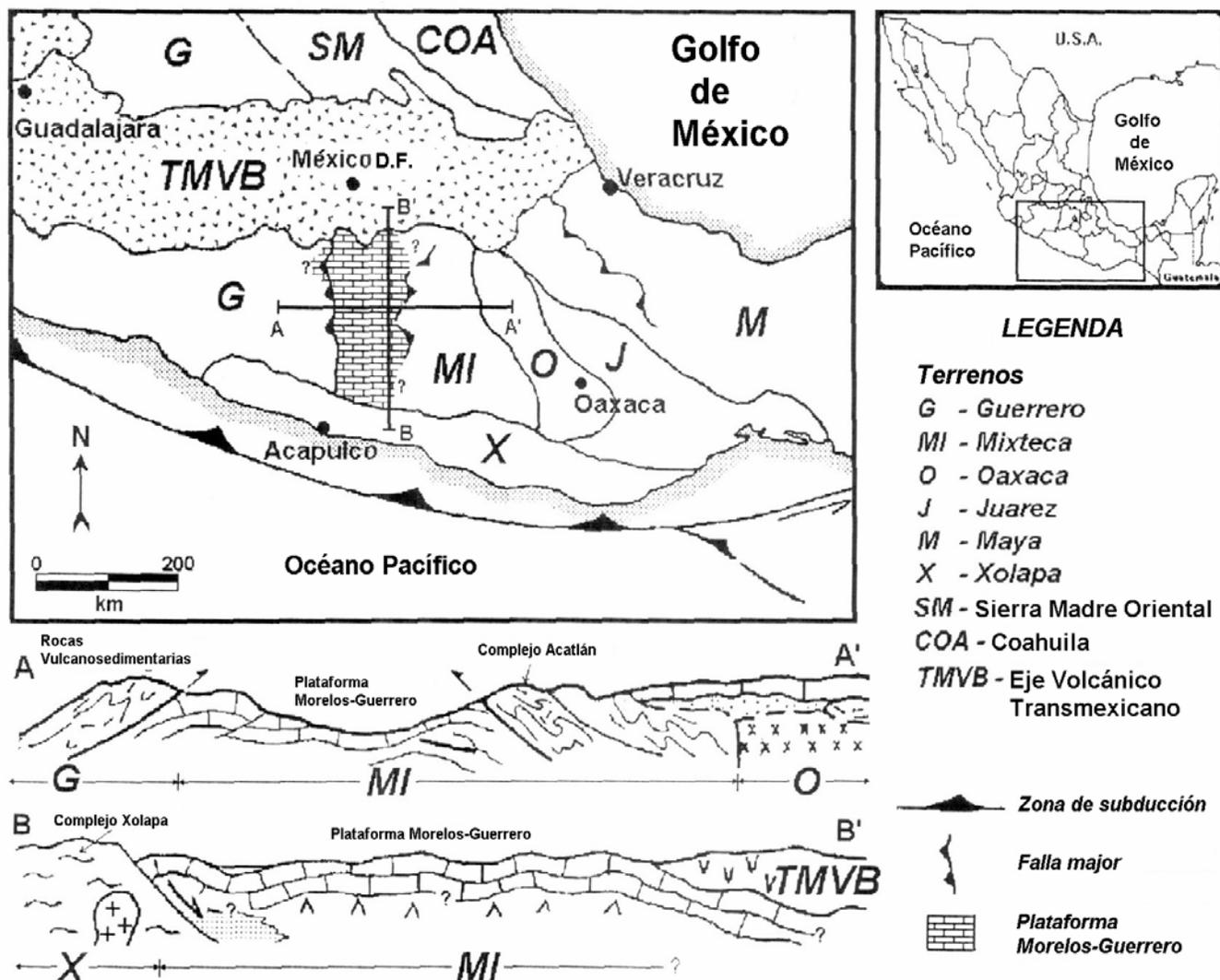


Figura 10. Terrenos tectonoestratigráficos del sur de México y relaciones estructurales en el área de la Plataforma Morelos–Guerrero. Modificado por Campa, U. M. F. y Coney, P. J., (1983) y Campa, U. M. F., (1985).

El terreno Mixteco es el único de los dos terrenos que afloran en los estados circundantes de Morelos y Guerrero, al que con seguridad se le conoce su basamento, representado por el Complejo Acatlán, el cual consiste, en el estado de Guerrero, de filitas y cuarcitas principalmente y esquistos de varios tipos, gneises, granitoides e intrusiones de rocas máficas y ultramáficas en menor grado.

Sobre el Complejo Acatlán se depositaron rocas sedimentarias marinas carboníferas–pérmicas y mesozoicas marinas y continentales del Jurásico y Cretácico. Cerca de Olinalá, Gro., ignimbritas triásicas / jurásicas cubren en discordancia los estratos del Carbonífero–Pérmico y al Complejo Acatlán.

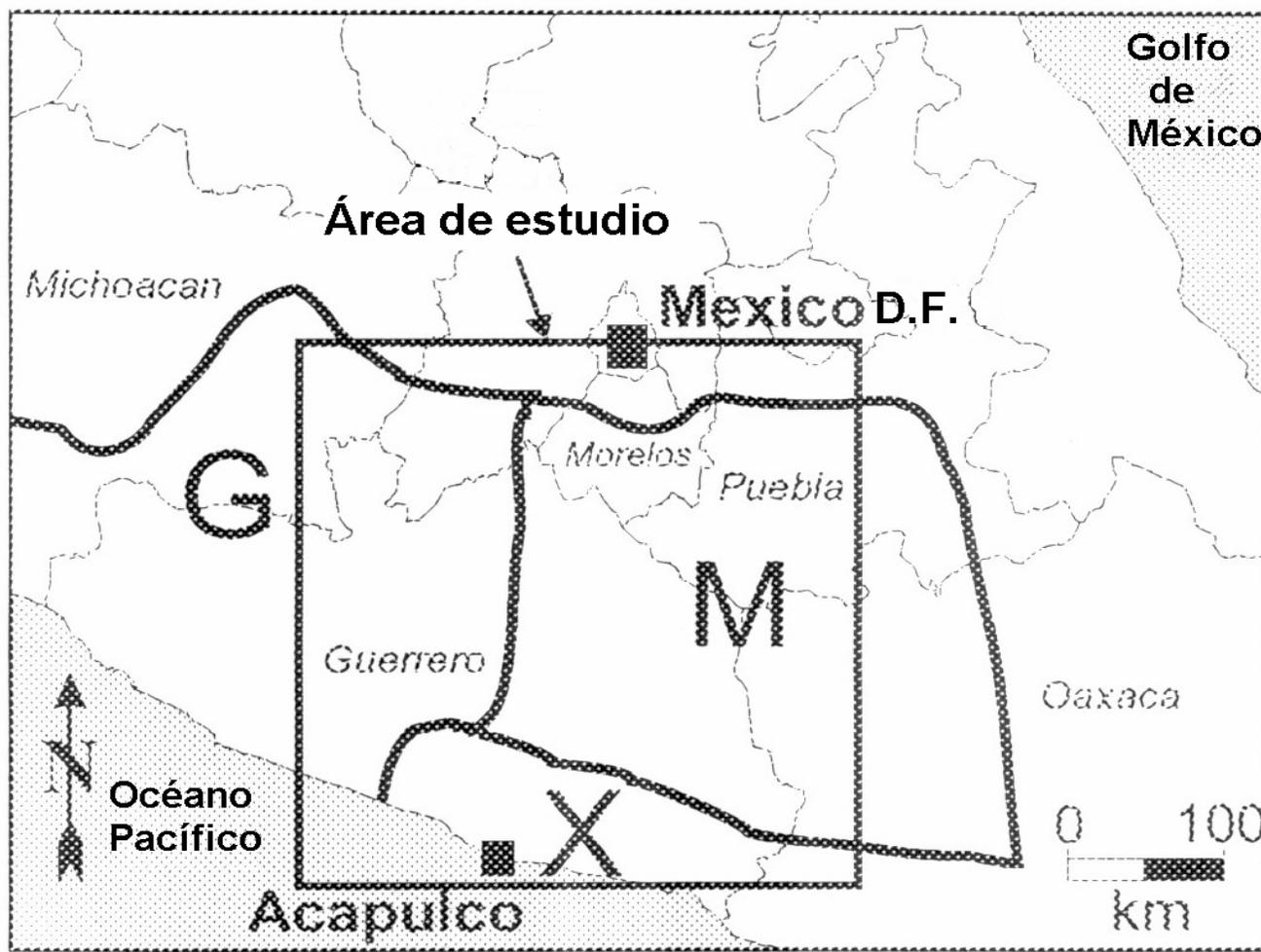


Figura 11. Mapa de terrenos tectonoestratigráficos donde se ubica la Plataforma Morelos-Guerrero, (Sánchez-Zavala, J.L., 1993). Las abreviaciones son M-Terreno Mixteco; G-Terreno Guerrero y X-Terreno Xolapa.

Los sedimentos jurásicos incluyen un conglomerado de cuarzo del Aaleniano-Bajociano y rocas clásticas marinas y continentales, carbón y carbonatos del Bajociano-Caloviano, cuya fauna liga el terreno Mixteco con la margen del Pacífico cerca de los Andes centrales y hacia el occidente con un estrecho marino entre América del Norte y América del Sur (Sedlock, R. L. et al, 1993). Otros estratos mesozoicos incluyen capas rojas del Neocomiano-Aptiano con carbonatos y clásticos de cuenca, del Albiano-Maestrichtiano, que son parcialmente correlacionables con los de la Plataforma Morelos-Guerrero. Por último, en el Cenozoico, se depositaron sedimentos continentales y rocas volcánicas cubriendo a las unidades antes mencionadas, las rocas sedimentarias cretácicas de la Plataforma Morelos-Guerrero se pueden considerar como un subterreno que cubre parcialmente al terreno Mixteco.

II. 3. Estratigrafía

La denominada Plataforma Morelos-Guerrero, limita tectonoestratigráficamente hacia el oeste con el terreno Guerrero y su subterreno Teloloapan, al sur con el terreno Xolapa, al este con el Complejo Acatlán y al norte con el Eje Volcánico Transmexicano. Se describe la siguiente estratigrafía ya que los recorridos que se efectuaron para realizar este trabajo fueron en dirección N-S.

Subterreno Teloloapan

Tiene una extensión de 300 kilómetros de longitud y 80 kilómetros de amplitud. Está constituido por tres conjuntos litológicos un basamento esquistoso de edad prejurásica superior, pero posiblemente mesozoica, un arco volcánico del Jurásico Superior–Cretácico Inferior y una cobertura sedimentaria del Cretácico Inferior–Superior deformada dúctilmente (Salinas–Prieto, J.C., 1994).

El arco volcánico está constituido por secuencias con predominio de derrames de lava y material piroclástico en la base, calizas y rocas epiclásticas del Aptiano–Albiano en la cima. Los derrames de lava están constituidos por basalto, andesita y escasa riolita, su composición es homogéneamente calcialcalina, y sus características petrológicas, geoquímicas e isotópicas son compatibles con un origen de arco de islas intraoceanico (Talavera–Mendoza, O., et al., 1995).

La secuencia ha sido afectada seriamente por una tectonogénesis polifásica que involucró, por lo menos, dos etapas mayores de deformación. La deformación produjo un patrón complejo de pliegues isoclinales asociado a foliación penetrante y cabalgaduras. Su límite tectónico oriental adopta una orientación N–S y se pone en contacto por cabalgaduras con la Plataforma Morelos–Guerrero. El límite meridional está en contacto por falla con el terreno Xolapa (Campa, U. M.F., et al, 1981, Sabanero Sosa, M.N., 1990).

Terreno Xolapa

El terreno Xolapa es el más grande, pero el menos conocido de los terrenos en el sur de México.

Comprende un área aproximada de 70–100 kilómetros de amplitud y se extiende 600 kilómetros a lo largo de la costa del Pacífico. Este terreno representa la raíz de un arco magmático del Mesozoico Medio al Terciario Inferior, caracterizado por orto con paragneis y migmatitas en conjunto con plutones sintectónicos y postectónicos, consistiendo en rocas con un alto grado de metamorfismo.

Los contactos del terreno Xolapa con los terrenos Guerrero y Mixteco están caracterizados por milonitas con una asociación con fallas normales (Herrmann, U.R., 1994), producto de reactivación de otras estructuras (Tolson, G., 1997). Con base en la migmatización a gran escala de la corteza media e inferior, y plutonismo granodiorítico, tonalítico y granítico generalizado, Ortega-Gutiérrez, F., (1981) interpreta el Complejo Xolapa como un arco magmático, construido por un proceso continuo, con evolución de emplazamiento de magma y migmatización de la corteza.

Sabanero Sosa, M. N., (1990) sostiene que el terreno Xolapa representa un terreno metaplutónico, que se ha formado por procesos de desarrollo de corteza cuasicontinental, al lado del margen truncado por el desplazamiento del bloque Chortis al SE durante el Eoceno, es decir, responde a una acreción constructiva. Sedlock, R. L. y colaboradores (1993) señalan que el límite por falla del terreno Xolapa con el terreno Guerrero está completamente destruido por las intrusiones granitoides del Terciario al este de Zihuatanejo y Petatlan. Los intrusivos de los terrenos Guerrero y Xolapa, según dataciones isotópicas de Rb–Sr, indican un decremento hacia el SE de edades de minerales, desde 80 ± 3 Millones de años (Ma) en Puerto Vallarta, Jal., hasta 112 ± 3 Ma en Puerto Ángel, Oax., independiente de la edad del metamorfismo de las rocas. Así, en Acapulco se obtuvo una edad de 48 ± 1 Ma (Eoceno Medio) para la intrusión en esta área y en Pinotepa Nacional, Oax., casi en el límite del estado, de 25 ± 1 Ma (Oligoceno Superior).

Complejo Acatlán

El Complejo Acatlán aflora en la porción oriental del estado de Guerrero en forma muy irregular. Se extiende aproximadamente 110 kilómetros en dirección N-S con anchura máxima de 120 kilómetros.

Las rocas del Complejo Acatlán consisten principalmente en esquistos, filitas y metacuarcitas; en cantidades menores se tienen migmatitas, granitos, milonitas, anfibolitas, roca verde, metagabros, eclogitas, ofiolitas, metagrauvas, metaarcosas, metacalizas, metaconglomerados, serpentinitas y peridotitas. Los esquistos son micáceos, sericíticos, cuarcíferos, cloríticos, granatíferos y de hornblenda; muestran colores blanco, verde, rojo, gris y negro, predominando los tintes ocre donde hubo oxidación.

El grado de metamorfismo que sufrieron estas rocas es variable de una parte a otra y va desde la facies de esquistos verde hasta la facies eclogítica. Las rocas muestran abundantes vetas de cuarzo lechoso, pegmatitas y granitos en forma de mantos de intrusión y en forma de diques. En forma general, la esquistosidad tiene orientación N-S y NE-SW; aunque en la cercanía de las intrusiones varía considerablemente.

El espesor de este complejo no está bien definido, la edad del Paleozoico (Prepensilvánico) del Complejo Acatlán está apoyada por datos paleontológicos, estratigráficos y radiométricos (Ortega-Gutiérrez, F., 1981). En estudios isotópicos hechos en muestras de roca entera, procedentes de lugares fuera del estado, se han obtenido edades de 1870–1320 Ma con el método de Sm-Nd, aunque la mayoría de las dataciones con éste y otros métodos caen dentro del intervalo de 280 a 440 Ma (Yáñez, et al., 1991 in Sedlock, R. L., 1993).

Formación Los Arcos–Olinalá

Flores de Dios, G. L. A., et al. (1982), proponen el nombre de Formación Olinalá para describir a una secuencia de conglomerados finos de cuarzo, lutitas y limolitas de color gris oscuro a negro, que contiene concreciones esferoidales limoníticas, calizas con abundante fauna de crinoides y areniscas finas y conglomeráticas grises con amonitas del Pérmico. Su distribución es muy restringida al este de Olinalá.

El espesor total de la formación es variable, ya que se acuña completamente tanto hacia el noreste como hacia el sur; pero puede alcanzar hasta más de 635 metros (m), su edad pérmica está determinada por amonites y braquiópodos.

El ambiente de depósito de la Formación Olinalá representa facies costeras de alta y baja energía, así como arrecifal. Campa, U. F. M. (1997) la extiende también al Carbonífero en el alcance de edad de esta formación. Descansa en discordancia sobre la Formación Olinalá (Formación Los Arcos de Corona–Esquivel, R. J., 1985) y cubierta a su vez discordantemente por el Conglomerado Cualac, del Jurásico Medio, se encuentra la ignimbrita Las Lluvias. El espesor de esta unidad se mantiene uniforme entre 50 y 80 m, carece de fósiles y no se ha datado isotópicamente, pero por su posición estratigráfica se presume una edad postpérmica y prejurásica, probablemente triásica. La Formación los Arcos se puede correlacionar con los Esquistos Taxco y con la Formación Chapolapa (Corona–Esquivel, R. J., 1985), Torres–Rodríguez, V., et al., 1992, consigna edades de 147 y 165 Ma, para las rocas volcánicas de esta formación, lo que significa una edad del Jurásico Medio Tardío.

Formación Chapolapa

Esta formación aflora aisladamente en la parte meridional de la región centro, en forma muy irregular y consiste en dos unidades:

1.- La parte inferior está compuesta principalmente por material vulcanoclástico, metatobas y metalavas de composición félsica a intermedia, metaconglomerados con fragmentos de arenisca y productos volcánicos félsicos en una matriz arenoso-calcárea, eventualmente intercalados con filitas y metaconglomerados de fragmentos de cuarzo lechoso (muy semejantes al Conglomerado Cualac) que muestran desarrollo de clorita y algunas veces, epidota en cantidades considerables y una foliación incipiente. La clorita y epidota le dan un aspecto verdoso a estas rocas.

2.- La parte superior, de aspecto morado, consiste en pizarras, cuarcitas, areniscas, grauvacas y conglomerados, compuestos por guijarros de cuarzo lechoso en una matriz arenosa que también muestran foliación incipiente.

Todos los contactos de la Formación Chapolapa parecen ser tectónicos. Sobreyace tanto a rocas del Complejo Xolapa, como del Complejo Acatlán y subyace a la Formación Morelos y rocas más recientes del Cretácico-Terciario. Tiene hasta 1 000 m de espesor, pertenece a la facies de esquisto verde y su edad se considera del Triásico Tardío a Jurasico Temprano (de Cserna, Z., 1965, Klesse, E., 1968). Sabanero-Sosa, M. N. (1990) considera la parte superior de esta formación como parte de la Formación Zicapa-Chapolapa con una edad del Aptiano-Albiano y para la parte inferior una edad del Jurasico Tardío(?)–Cretácico Temprano Campa, U. M. F. (1997) argumenta que la edad de esta formación es del Jurasico Medio (comunicación verbal con el COREMI).

Conglomerado Cualac

Aflora en partes aisladas en la región de La Montaña, formando cuerpos sobresalientes por su resistencia a la erosión. Está formado por un conglomerado de matriz cuarcítica gris a veces, algo amarillento con estratificación mediana y conteniendo cuarzo brechoso, con diámetros entre 0,5 y 5 centímetros (cm), así como rocas del complejo basal menos frecuentes. Es de origen aparentemente continental y a la fecha no se le han encontrado fósiles. Su espesor varía entre los 30 y los 80 m, el espesor de las capas es muy potente, alcanzando en ocasiones más de 2 m, su localidad tipo se encuentra en Cualac, al NE del estado de Guerrero. Sobreyace en discordancia angular al Complejo Acatlán y/o la Formación Olinalá, su contacto superior con el Grupo Tecocoyunca es concordante y transicional con un marcado cambio litológico. Flores de Dios-González, L. A., et al., (1982) proponen incluir el Conglomerado Cualac como la base del Grupo Tecocoyunca y por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad desde el Aaleniano Medio hasta el Bajociano Temprano (Guzmán, E. J., 1950 y Erben, H. K. 1956). El conglomerado Cualac se puede correlacionar con el Grupo Tecocoyunca, la Formación Rosario y con la Formación Rocas Verdes Taxco Viejo.

Grupo Tecocoyunca

Los afloramientos de este grupo, que Erben, H. K. (1956) describió como las formaciones Zorrillo, Taberna, Simón, Oterera y Yucuñuti, cuyos contactos son concordantes y transicionales, se distribuyen de igual manera que el Conglomerado Cualac.

Comprende una serie alternante de depósitos continentales y marinos, abarcando todos los sedimentos depositados durante el Jurásico Medio. La litología consiste en areniscas, limolitas, lutitas, lodolitas, calizas, margas y conglomerados de tipo Cualac. Las lutitas contienen muchas veces concreciones calcáreas hematíticas y limoníticas. La base está constituida por lutitas carbonosas y lentes de carbón, en la parte superior son muy notables las abundantes intercalaciones de yeso en forma de láminas. Las coloraciones son muy variadas; por lo general, las lutitas y limolitas de la base son de tintes oscuros, pasando a coloraciones más claras hacia arriba.

Las areniscas, por lo general, son de tinte pardo a beige y las calizas van de gris claro a gris oscuro. Su espesor varía de 250 a 510 m subyace en discordancia a las formaciones del Cretácico Inferior y Cretácico Superior; así como a la cobertura Terciaria. Debido al gran contenido de fósiles su datación es Jurásico Medio–Jurásico Superior (Erben, H. K., 1956).

Esquisto Taxco

Definición.- Carl Fries Jr. (1960), propuso el nombre de Esquisto Taxco, a las rocas metamórficas que afloran inmediatamente al oriente y sureste de la ciudad de Taxco, Gro., sobre la carretera federal México–Taxco–Acapulco.

Distribución.- Aflora al oriente de Taxco, ocupando aproximadamente 4 kilómetros cuadrados, también está expuesto al oriente de Taxco Viejo y en la porción noroeste del área, cubre extensiones considerables.

Litología y espesor.- En Taxco y Taxco Viejo, los esquistos son de tipo sericítico, de grano fino y medio, con cuarzo, feldespato, albita, magnetita, limonita, muscovita y sericita. Según las determinaciones petrográficas hechas a varias muestras. Estos esquistos se derivan de rocas pelíticas que sufrieron metamorfismo regional de presión moderada y baja temperatura. El espesor es desconocido, en las localidades donde aflora, no se observa su base y la parte expuesta ha estado sujeta a la erosión mucho antes del depósito de las formaciones mesozoicas.

Relaciones estratigráficas.- Constituye la base de las rocas que afloran y lo cubren indistintamente en discordancia, las rocas verdes precretácicas y los sedimentos continentales Terciarios.

Edad y correlación.- Con base en los estudios de datación isotópica que se han realizado sobre zircón clástico del Esquisto Taxco, se le ha asignado una edad del Paleozoico Tardío (Fries, C.Jr., 1960, de Cserna, Z., 1981) Salinas-Prieto, J.C., (1994)) junto con la mayoría de los autores actuales, postula que el Esquisto Taxco y la Roca Verde Taxco Viejo conforman una sola secuencia vulcanosedimentaria en la zona de Taxco, mientras que los esquistos hacia el poniente (que no afloran en el estado de Guerrero), con una deformación precoz ante la deformación dúctil que afectó al Esquisto Taxco, lo denominan Esquisto Tejupilco, Elías-Herrera, M.E., et al (1992) agrupan el Esquisto Taxco y el Esquisto Tejupilco (que conforman la base del arco de Teloloapan) en un solo conjunto, mientras que Talavera-Mendoza, O., et al (1993) sugieren que el arco de Teloloapan es independiente de los vulcanoclásticos de Taxco. En el primer caso, el Esquisto Taxco / Roca Verde Taxco Viejo tendrán una edad prejurásica tardía y, en el segundo caso, la edad será precretácica temprana, dado que todas las dataciones isotópicas no han resultado en una edad confiable, pero en estudios recientes hechos por Campa, U. M. F., (1997), se le asignó una edad Cretácico Inferior al consignar una edad de 139 Ma.

Rocas Verdes Taxco Viejo

Esta formación está constituida por rocas metavolcánicas y metasedimentarias (Campa, U. M. F. y otros 1974, Titoniano–Neocomiano). Carl Fries Jr., (1960) asignó el nombre de Roca Verde Taxco Viejo a una roca de color verdoso constituida por tobas, brechas y corrientes lávicas del oriente de Taxco Viejo, Gro.

Las rocas verdes que Fries, C.Jr. había marcado como de posible edad Triásico Superior, han cambiado de posición estratigráfica según estudios realizados por Campa, U. M. F. y otros (1974) que los describe en la forma siguiente: En la región comprendida entre el Eje Volcánico Transmexicano y la Cuenca del río Balsas, aflora una alternancia de rocas metavolcánicas (Roca Verde) y metasedimentarias (principalmente filita, metarenisca, cuarcita y caliza foliada). Entre los sedimentos más finos de esa secuencia se encontraron amonitas del grupo de los berriasélidos y douvillicerátidos así como lamelibranchios y tintínidos, cuya determinación permitió datar la secuencia dentro del Titoniano–Neocomiano–Aptiano. Las rocas verdes son lavas andesítico–dacítico, tobas y aglomerados afectados por un metamorfismo esencialmente dinámico regional correspondiente a la facies metamórfica más baja.

Las lavas llegan a presentar estructuras de “almohada”, típicas de derrames oceánicos. La filita es una lutita apenas metamorfozada con foliación muy fina paralela a la estratificación. La caliza interestratificada en forma de capas y lentes se ha convertido en mármol cataclástico. Las areniscas son metagrauvasas foliadas cuarcitas granoblásticas y simples filitas que transicionalmente llegan a ser metareniscas e incluso metaconglomerados. Cubriendo la secuencia metamórfica anterior, se encuentran bancos de caliza del Albiano. Este hecho o sea la posición discordante del Albiano no metamorfozado sobre el Titoniano–Neocomiano–Aptiano (metamorfozado) indica que el evento metamórfico se efectuó al final del Cretácico Inferior, probablemente correspondiente a la fase tectónica Austriaca u Oregoniana, afectando a la secuencia vulcanosedimentaria depositada a fines del Jurásico y durante el Cretácico Inferior". Ontiveros, T. G. (1973), ya había considerado asignarle a la Roca Verde Taxco Viejo, una edad Jurásico Superior–Cretácico Inferior, en virtud de haber encontrado en el área de Taxco Viejo, que los sedimentos arcillo–calcáreos, supuestos por Fries, C.Jr., (1960) y Pano, (1971) de edad Jurásico Superior que corresponden al Cretácico Inferior, subyacen en concordancia a la Formación Morelos del Cretácico Inferior, en estudios recientes hechos por Campa, U. M. F., (1997), se le asignó una edad Cretácica Inferior al consignar una edad de 139 Ma.

Formación Acuitlapán

El nombre Formación Acuitlapán propuesto por Fries, C. Jr. (1960), para las rocas que afloran en la parte suroccidental del cerro de las Bocas o Acuitlapán, en Taxco, Guerrero. Corresponden a rocas sedimentarias constituidas por lutitas de color gris oscuro y gris verdoso a pardo claro al meteorizarse, estratos de grauvasa, arenisca, conglomerado formado por fragmentos de rocas metamórficas y finalmente rocas volcánicas con escasas calizas que presentan estratificación delgada a mediana, con estructura laminar y color gris oscuro. Esta unidad tiene un espesor que va de 120 a 150 m. Los fósiles hasta ahora encontrados en la Formación Acuitlapán, proceden del área de Ixtapan de la Sal. Estos fósiles fueron colectados por Campa, U. M. F. (1974); consisten en amonites mal conservados que fueron identificados como *Wichmanniceras* sp. y *Micracanthoceras* sp., e indican una edad del Jurásico Superior (Tithoniano), por lo que se le asignó una edad de Jurásico Superior–Cretácico Inferior y corresponden a la parte inferior de la Formación Acuitlapán que cubre discordantemente a las rocas metamórficas de la Formación Rocas Verdes Taxco Viejo.

Grupo Zicapa

Definición.- J. M. Quezada en su informe inédito (1971), llamó Grupo Zicapa a una serie de rocas clásticas y arcillo-arenosas con intercalaciones lenticulares de caliza, que no ha sido posible diferenciarla debido a la ausencia de datos paleontológicos en la cima y la base, lo dividió en cinco miembros: conglomerático basal, calcáreo, calcarenítico, con plantas y conglomerático superior.

Al correlacionarlo con el Grupo Consuelo de la península de Zapotitlán hasta con las calizas Acahuizotla, su edad queda restringida al Aptiano Medio-Superior por posición estratigráfica, quedando entre las calizas con Nerineas del Aptiano Inferior y las Dolomías del Barremiano-Albiano.

Distribución.- Tiene una amplia distribución hacia el Este del área de Zitlala, en la localidad de San Juan de las Ollas (Cerro del Tamborillo). También aflora al NE del estado de Guerrero a lo largo del río Balsas y al SE de este río, penetrando en el terreno mixteco hasta la altura de Huamuxtitlán y Metlatonoc.

Litología y espesor.- Consiste en una secuencia de capas rojas continentales con intercalaciones de caliza marina. Las capas rojas se componen de limolitas de estratificación delgada, areniscas (grauvacas líticas) y conglomerados polimícticos compactos, con fragmentos de cuarzo, filita, metarenisca y clastos de rocas volcánicas, en capas delgadas en su parte inferior.

La coloración de estos estratos tiene diferentes tonalidades, de rojo a morado. La estratificación gradada es rasgo común en las areniscas de grano más grueso y en los conglomerados. La mayor parte de la arenisca es impura, contiene limo y arcilla como cementante. En la parte superior de esta formación se presentan intercalaciones de areniscas, andesita porfídica alterada y lentes de caliza fosilífera de la Formación Morelos. El espesor en la localidad tipo es de 700 m.

Relaciones estratigráficas.- El contacto superior con la Formación Morelos es transicional y su contacto inferior esta formado por la cabalgadura Papalutla, que pone la formación debajo del Complejo Acatlán (de Cserna, Z., et al., 1980, Salinas-Prieto, J.C., 1986) Sabanero-Sosa, M.N., (1990) considera que esta formación y el miembro morado de la Formación Chapolapa son diferentes facies de la misma unidad estratigráfica.

Edad y correlación.- La edad de este grupo es por posición estratigráfica únicamente, tomando en cuenta que está restringida entre las calizas Aptianas y las dolomías del Albiano debe corresponder al Barremiano Superior-Albiano Inferior.

Formación Acahuizotla

Definición.- De Cserna, Z., (1960) designó con este nombre a una serie de calizas arcillosas y limolitas calcáreas que subyacen en concordancia a la Formación Morelos del Cretácico Inferior y que afloran aproximadamente a 500 m al oriente del pueblo de Acahuizotla, Gro., en el corte de la carretera federal México-Acapulco; en principio se consideró de edad Jurásico Superior. El mismo autor, al encontrar en la parte superior de estos sedimentos miliólidos mal conservados y varios ejemplares de *Quinqueloculina* sp., corrigió su edad asignándola al Cretácico Inferior (Neocomiano). También se le conoce con el nombre de Formación Chilacachapa denominada por Campa, U. M. F., (1976).

Distribución.- Aflora en la sierra de Chilacachapa, constituyendo el núcleo de un anticlinal y ocupa áreas reducidas de forma alargada en el flanco oriente de la estructura, formando el núcleo de pliegues secundarios.

Fries, C.Jr., (1960) menciona remanentes de esta formación en la barranca aguas arriba de Pichachua a 1.5 Km al sureste del kilómetro 161 de la carretera México–Taxco–Acapulco y en el frente de roca expuesto arriba del depósito de jales de la mina el Pedregal, debajo de la carretera cerca del kilómetro 160 a la entrada norte de Taxco.

Litología y espesor.- Ontiveros, T. G., (1973), en su estudio al norte, en la sección de Guerrero la describe así: "Packstone de oolitas, pellets, bioclastos y ocasionales miliólidos, arcilloso, de color gris verdoso, gradúa a margas con líneas estiolíticas, fracturas con calcita y estratificado en capas de 4 a 10 m de espesor. Presenta intercalaciones de wackestone de pellets y bioclastos, horizontes gruesos constituidos por packstone de macroforamíniferos (*Orbitolina* sp., *Chofatella* sp.) y también esporádicos lentes de boundstone de rudistas (caprínidos principalmente y requiénidos de la especie *Toucasia*), ostreidos y fragmentos de los mismos.

Hacia la base y la cima, alterna con mudstone arcilloso con esporádicos miliólidos y lentes con fragmentos de requiénidos (*Toucasia* sp) y corales. A la meteorización adquiere aspecto nodular y una falsa estratificación casi perpendicular a ésta. En Taxco Viejo, está constituido de mudstone gris claro verdoso a oscuro, arcilloso, bandeado y recristalizado, con intercalaciones laminares de lutitas gris oscuro a negro". En Taxco Viejo su espesor es muy reducido y aflora solamente la cima.

Formación Xochicalco

Al norte de Guerrero, Fries, C. Jr. (1960), designó con el nombre de Formación Xochicalco a "una sucesión de calizas de espesor variable de muy delgado a mediano, generalmente con superficies de estratificación planas. El color varía desde gris oscuro a negro, según el contenido carbonoso, que puede alcanzar un porcentaje en algunas capas.

Una característica de la Formación es la abundancia de lentes de pedernal intercaladas hasta el grado de formar casi la mitad de la roca en algunos lugares". La localidad tipo la sitúa en la unidad arqueológica de Xochicalco situada en el cerro del mismo nombre y le atribuye edad Barremiano–Aptiano, sin contar con buenos datos paleontológicos que la confirmen.

Es común el pedernal en forma de nódulos, lentes y láminas delgadas. Las láminas más delgadas tienen de 1 a 2 milímetros (mm), mientras que otras llegan hasta 10 a 15 mm. Las láminas y lentes individuales son tabulares y no se continúan lateralmente más que unos cuantos metros. Las capas más delgadas de caliza se caracterizan por su laminación fina, variando en tamaño de grano desde calcilutita a calcilimolita y aún a calcarenita de grano fino.

Otras capas laminadas están formadas por calcita criptocristalina en forma de esferas menudas o grumos, con mezcla de materia carbonosa, en una matriz de calcilutita. Se presenta en abundancia dolomita, pero no forman más que un porcentaje escaso en relación a las rocas de la formación. En la parte inferior de la formación parece disminuir el número de capas delgadas y predominan las capas medianas; el pedernal también disminuye en cantidad.

En la localidad tipo de la formación, entre los cerros de Colotepec y Xochicalco, no está expuesta la base y es difícil o imposible hacer una estimación de confianza del espesor de las capas expuestas, debido a la repetición producida por el plegamiento estrecho. Parece que el espesor mínimo de las capas expuestas excede de 500 m y se le atribuye una edad del Barremiano-Aptiano (Fries, C. Jr., 1960). La formación está cubierta discordantemente por diferentes horizontes de la Formación Morelos, aunque las capas de ambos lados del contacto parecen mostrar paralelismo. Sin embargo, la cima de la formación infrayacente debe haber sido previamente erosionada, porque su litología en el contacto varía considerablemente de un lugar a otro, lo que sugiere la remoción local de algunas capas. El contacto inferior se conoce únicamente al noreste de Acuitlapán, Gro., donde la unidad cubre a la Formación Acuitlapán (arenisca, limolita y lutita calcárea) en aparente concordancia. Los movimientos tectónicos produjeron complicadas y numerosas fracturas en gran parte de la caliza Xochicalco, que fueron rellenadas posteriormente por precipitación de calcita blanca. Un cizallamiento fino, aparente en lámina delgada, causó la distorsión o destrucción de gran parte de la microfauna (Fries, C. Jr., 1960). En una reinterpretación del área que hizo Ontiveros, T. G., indica que el alcance estratigráfico de la Formación Xochicalco pudiera comprender hasta fines del Cretácico Superior, sus conclusiones son las siguientes: "De las observaciones de campo se dedujo que la base de la Formación Xochicalco representa las facies de aguas profundas de la cima de la Formación Acahuizotla y el resto con la Formación Morelos, de facies somera y profunda respectivamente".

Secuencia Vulcanosedimentaria No Diferenciada

Con este nombre se identifica a afloramientos de secuencias vulcanosedimentarias que no se sabe con seguridad a que formaciones pertenecen o que han sido cartografiados parcialmente pero, parte de las secuencias vulcanosedimentarias que afloran en el sureste del subterreno y al oeste de la Plataforma Guerrero-Morelos y en algunas partes del subterreno Zihuatanejo. Estas secuencias vulcanosedimentarias consisten en varios tipos de depósitos de aguas someras hasta de tipo flysch, con ligero metamorfismo (facies de esquistos verdes). Están constituidas por pizarra carbonosa y calcárea, filita y semiesquisto, grauvaca, ortocuarcita, toba riolítica y ceniza riolítica, pórfido riolítico, riocacita, dacita, andesita, basalto almohadillado, diques, radiolarita, lutita, limolita, arenisca y varios tipos de brecha. Los colores de estas rocas varían mucho y abarcan tonalidades rojizas, amarillentas, pardas, grises y verdes. Los espesores, en la mayoría de los casos, aún no se han establecido con exactitud, pero en algunos casos deben ser de dimensiones considerables. La edad tentativamente asignada a estas secuencias va del Jurásico Tardío al Cretácico Temprano, ya que en la mayoría de los casos están cubiertas por calizas u otros tipos de roca del Aptiano-Albiano.

Anhidritas Huitzucó del Cretácico Inferior

Al SE de Cuernavaca, Mor., en la perforación del pozo Ticumán 2, se encontró una secuencia de más de 900 m de anhidritas en la base de la Formación Morelos y sobre unos 200 m de calizas clasificadas por los geólogos de Pemex como Formación Nexapa. Los dos cuerpos sedimentarios fueron asignados al "Jurásico Superior metamórfico", consecuentemente, parte de estas evaporitas pudieran ser de edad Cretácica Inferior, además de ser las responsables de la tectónica tan complicada en la cuenca de Morelos-Guerrero, ya que Fries, C. Jr., (1960) también menciona un "Miembro de anhidritas" en la base de la Formación Morelos localizado al E y SE del lago de Tequesquitengo hasta Iguala y en los estudios realizados al NE de Chilpancingo, también han encontrado gruesos espesores de "yesos" que pueden variar en edad del Aptiano al Albiano.

La anhidrita es laminar, de color que varía de blanco a gris oscuro, se encuentra deformada por escurrimiento y por la deformación que ha sufrido durante la orogenia Laramide. El material superficial contiene una mezcla considerable de yeso, pero la roca relativamente inalterada más densa, es anhidrita casi pura. La relación entre la anhidrita / yeso y la caliza de la Formación Morelos es muy irregular; no se observa sobreposición, ni estratificación y su contacto más bien es tectónico debido al diapirismo de la anhidrita.

La presencia de la anhidrita en el subsuelo se infiere, en algunas partes, por el desarrollo extenso de dolinas y poljes. El yeso, resulta de la hidratación de la anhidrita por aguas subterráneas (Fries, C.Jr., 1960). De Cserna, Z. et al., (1980) separaron esta unidad de la Formación Morelos y la nombraron Anhidrita Huitzucó.

Miembro de anhidrita.- La parte basal de la Formación Morelos está formada por anhidrita, hacia el oriente y sureste de una línea irregular que se extiende más o menos desde el lago de Tequesquitengo, hacia Iguala, y desde este último punto hacia el sureste. El único afloramiento de este miembro es aquel que se halla situado a 1.5 kilómetros al sureste de Tilzapotla, en donde se han abierto grandes canteras. No se encontraron evidencias de anhidrita en el contacto entre las formaciones Xochicalco y Morelos, hacia el norte, noreste y poniente del punto mencionado, pero puede existir escasa anhidrita en los flancos oriental y nororiental del cerro de Tuxpan, hacia el oriente de dicho punto. Grandes áreas de anhidrita y dolomía afloran al sur de Huitzucó, al oriente de Iguala.

Formación Morelos

Distribución.- El nombre de la Formación Morelos se propone para una sucesión de calizas y dolomías de edad Albiano-Cenomaniano que aflora en Morelos y en los estados contiguos de México y Guerrero. Capas gruesas de caliza y dolomía de la Formación Morelos son muy resistentes a la erosión bajo las condiciones climáticas prevalecientes en la región y tienden a formar altos topográficos, con excepción de los lugares donde están cubiertas por rocas volcánicas terciarias con una altura mayor, en donde la distribución de la caliza y de la dolomía ha causado el colapso de algunos costados y el desarrollo de acantilados.

Miembro carbonatado.- La Formación Morelos consta predominantemente de una sucesión de capas de caliza y dolomías interestratificadas, con cantidades variables de pedernal en forma de nódulos, lentes, granos y fragmentos de fósiles solidificados. La parte más antigua de la formación está constituida por un miembro de anhidrita en la parte oriental de la región, pero en el resto, las capas basales consisten en carbonatos de edad más joven. La textura de la caliza varía ampliamente. Los granos que forman la caliza son principalmente calizas aglutinadas o grumos de calcita criptocristalina, caparazones de foraminíferos y materiales biogénicos conectados y desgastados.

Algunos interestratos presentan biostromas de rudistas, de gasterópodos y de ostras empotradas en una matriz de calcilutita y calcarenita. Las capas dolomitizadas son totalmente distintas y están netamente separadas de las capas de calizas contiguas. Las capas de calizas expuestas a la meteorización asumen colores variados de gris claro a gris azulado y tienen superficies que varían desde lisas hasta ásperas, con surcos, estrías u otros rasgos de disolución. Las capas dolomitizadas presentan un color de meteorización gris pardusco y muestran superficies ásperas y arenosas.

Espesor: En el cerro de Acuitlapán, situado a sólo 13 kilómetros al noreste de Taxco, la formación tiene 800 metros de espesor, lo que indica un aumento. La Formación Morelos tiene de espesor probablemente de 900 metros.

Los movimientos tectónicos comprimieron a la Formación Morelos en pliegues orientados casi al norte y las rocas fueron fracturadas en grado variable de uno a otro lugar, las dolomías fueron intensamente fracturadas, mientras que las capas de calizas fueron reselladas por la precipitación de calcita blanca. Las capas basales de caliza y dolomía descansan en discordancia angular encima de todas las unidades antes mencionadas, con excepción de la Formación Xochicalco. En varios lugares, diques y mantos intrusivos diabásicos, andesíticos y riolíticos cortan a la formación; localmente se presentan troncos graníticos y diabásicos más grandes.

Fósiles y edad.- La Formación Morelos es relativamente pobre en macrofósiles. En cambio, los microfósiles se presentan con mucha abundancia en algunas capas, particularmente en la parte superior de la formación. Los rudistas se presentan en gran número en la parte superior de la formación, aunque representan pocas especies.

Algunas capas contienen abundantes foraminíferos fácilmente distinguibles en cortes frescos, aún sin lupa. Los géneros y especies de foraminíferos tomados por separado no definen la edad exacta de la roca, ya que la mayoría de ellos tiene límites temporales demasiado altos. En resumen, los datos disponibles tanto de macrofósiles como de fósiles colectados en la parte superior de la Formación Morelos, indican que su depósito continuó en la región hasta el Cenomaniano Temprano.

Correlación:- Las rocas de las mismas facies y edad general de la Formación Morelos se encuentran distribuidas muy ampliamente en la mitad oriental de México. En el caso de la Formación Morelos los límites superior e inferior de estas otras formaciones son variables de un lugar a otro y dentro del intervalo general desde el Albiano Tardío al Cenomaniano Temprano.

Formación Cuautla

Distribución.- El nombre de Formación Cuautla se propone para las exposiciones de la unidad de caliza en las serranías bajas situadas hacia el poniente de la ciudad de Cuautla. La formación consta de tres miembros principales, que son:

1. Una sucesión gruesa de capas de caliza de estratificación media a gruesa, del tipo de banco calcáreo.
2. Una sucesión más delgada de capas de calizas con estratificación delgada a media.
3. Una sucesión muy delgada de capas de caliza "clástica" de estratificación delgada a media.

Los tres miembros pasan gradualmente de una a otra en sentido lateral. La Formación Cuautla continúa al sur y al poniente de Iguala en forma de una unidad de caliza delgada, por una distancia desconocida, mientras que al sureste y al oriente de Iguala continúa en forma de facies de banco calcáreo grueso a través de la parte nororiental de Guerrero, así como al oriente desde el estado de Morelos hasta la parte sur-occidental de Puebla, también por una distancia desconocida.

Litología.- El miembro predominante de la Formación Cuautla es la caliza densa en capas gruesas a masivas, compuestas por facies de calcilitita, calcilimolita y calcarenita en bancos calcáreos.

El color de las calizas varía de gris claro a oscuro y con menor frecuencia, de color negro; las capas clásticas cercanas al contacto inferior tienen localmente un color rojizo o amarillento; nódulos, lentes y masas irregulares de pedernal abundan en muchas capas y sobre los planos de estratificación. Son visibles estructuras de algas en algunas capas.

Las capas de calizas de la facies de banco calcáreo de la Formación Cuautla son de carbonato de calcio casi puro, a excepción de la sílice en forma de pedernal, de manera que las capas sin pedernal visible contienen escaso residuo insoluble. La dolomitización ha afectado esta facies en un grado muy bajo. Los materiales arcillosos de procedencia terrígena son raros o faltan por completo.

Espesor.- La parte de la Formación Cuautla que tiene el espesor máximo corresponde a la facies de banco calcáreo y un total aproximado de 750 m, hacia el sur también continúa casi igual, pero en el próximo lomerío anticlinal situado sólo a 2 kilómetros al suroeste del cerro de Santa María disminuye hasta menos de 500 m. Al poniente, la Formación Cuautla disminuye rápidamente en espesor hasta unos pocos metros en una distancia horizontal de 20 a 25 kilómetros, en un punto situado a 7 kilómetros de Taxco la unidad tiene solamente 20 m de espesor y en un sitio situado 12 kilómetros al sur de Taxco tiene sólo 15 metros de espesor. En las cercanías de Iguala la unidad parece consistir en unos pocos metros de capas de calizas delgadas. Cerca de Huitzucu, distante sólo 20 kilómetros al oriente de Iguala, la Formación Cuautla se presenta en forma de una facies de banco grueso, semejante a la encontrada más al norte.

Estructura y relaciones estratigráficas.- La Formación Cuautla sobreyace regionalmente a la Formación Morelos. El hecho de que horizontes estratigráficos diferentes y tipos litológicos distintos de la última unidad se presenten localmente debajo de la caliza Cuautla en distancias relativamente cortas en sentido lateral, indica que un periodo de regresión marina y de erosión que separó a las dos formaciones.

Fósiles y edad.- La facies de banco calcáreo de la Formación Cuautla contiene numerosos biostromas de rudistas y gasterópodos, desde la parte basal de la unidad hasta cerca de la cima, pero las capas más altas y jóvenes de esta facies entre Cuernavaca y Cuautla carecen de microfauna identificable. Igual que en la Formación Morelos, los amonoides faltan por completo en la facies de la Formación Cuautla que contiene rudistas.

Correlación.- Rocas de la misma edad, aunque de litología diferente, ya que consisten en sedimentos clásticos marinos en lugar de caliza, probablemente están distribuidas ampliamente al poniente de Taxco. En Guerrero, también afloran rocas de edad turoniana. Gran parte de sus rocas del Cretácico Superior tiene edad post-turoniana, pero hay algunas capas de calizas situadas aparentemente cerca de la base de la sucesión de posible edad turoniana, todas de litología y edad similares a las de las dos facies de la Formación Cuautla, o sea la clástica y la de banco; afloran en la parte sur-occidental de Puebla y norte-occidental de Oaxaca, donde fueron nombradas Formación Petlalcingo por Salas, G. P., (1949). La caliza predomina en la Formación Petlalcingo, aunque existen también capas interestratificadas de limolita y lutita; aparentemente la litología varía ampliamente de uno a otro lugar. Más al norte, en el occidente de Puebla; la Formación Escamela parece comprender la mayoría de las rocas carbonatadas cretácicas y puede incluir también a la caliza turoniana.

Formación Mezcala

Distribución.- El nombre de la Formación Mezcala se propone para la sucesión de capas interestratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas, con escasos lentes de caliza clástica, que yacen sobre la Formación Cuautla. El nombre se refiere tanto al pueblo como al río situado cerca del kilómetro 220 de la carretera México–Acapulco. La unidad está plegada tan estrechamente que la repetición de capas es la regla de la sucesión litológica verdadera, en términos generales, no puede determinarse con exactitud su sucesión litológica. La localidad tipo, fue escogida a lo largo del río Balsas o Mezcala, al oriente del puente de la carretera, porque en dicha localidad las capas parecen estar menos plegadas y ser más accesibles de la extensa región en que afloran.

Litología y espesor.- La Formación Mezcala es muy variable en su litología, tanto lateralmente como verticalmente. La parte basal es casi en todas partes de naturaleza calcárea y puede consistir en capas de caliza arcillosa o de limolita calcárea, que miden en total desde unos pocos metros hasta unos 30 metros de espesor. La caliza basal donde se presenta está formada por capas de calcarenitas visiblemente laminadas, de color gris oscuro y de 10 a 20 centímetros de espesor. El cambio litológico es abrupto donde la unidad infrayacente es la facies de banco Cuautla, pero en los sitios donde se presenta las facies de caliza clástica de la Formación Cuautla, es difícil hacer la distinción entre las dos formaciones sin la ayuda de fósiles.

Esto ocurre en las partes occidental y sur occidental de la región. Encima de la caliza basal se hallan capas interestratificadas de lutitas y limolitas calcáreas, con menor cantidad de areniscas. Hacia arriba en la sucesión, los interestratos de arenisca aumentan en número y aparecen también capas de conglomerados. Las capas clásticas varían en espesor desde unos pocos centímetros, para las rocas de grano más fino, hasta más de un metro para la arenisca.

Las capas de grano fino muestran una laminación, mientras que las de grano más grueso presentan estratificación cruzada. Sobre los planos de estratificación de la arenisca abundan las rizaduras y marcas o huellas irregulares. Vista en lámina delgada, la arenisca de grano fino muestra un predominio de granos clásticos de caliza y dolomía, con cuarzo ocupando el segundo lugar y con feldespatos y minerales máficos completamente alterados como constituyentes relativamente escasos. Las capas conglomeráticas superiores de la formación contienen cantidades mucho mayores de granos de cuarzo y de otros minerales de origen ígneo. Los colores son también variables lateral y verticalmente, aunque predominan los tintes oscuros. El color más común en exposiciones frescas es gris olivo oscuro, aunque localmente aparecen capas púrpuras, rojizas, negras y aún verdosas.

El color general en afloramientos meteorizados es pardo claro u oscuro. Un examen petrográfico de las muestras de la Formación Mezcala mostró la presencia de granos clásticos de cuarzo, feldespatos muy alterados, caliza y caliza dolomitizada, minerales máficos alterados—principalmente de una mezcla de clorita, calcita y minerales opacos, un poco de pirita o marcasita y mucho mineral ferrífero. El ambiente geoquímico fue alcalino calcáreo. El espesor original de la Formación Mezcala no puede medirse en ningún lugar, porque la parte superior de la unidad fué erosionada en un grado desconocido antes del depósito de la formación terciaria suprayacente. Además, la compresión fue tan intensa que la formación está estrechamente plegada, aún en escala pequeña y por consiguiente las capas están repetidas un número desconocido de veces en casi cualquier localidad que pudiera escogerse para su medición.

Relaciones estratigráficas, estructurales y metamorfismo.- Casi en todas partes la Formación Mezcala descansa encima de la Formación Cuautla, ya sea sobre la facies de banco calcáreo o sobre la de caliza clástica, pero localmente parece que falta la Formación Cuautla y entonces el contacto es con la próxima unidad infrayacente, o sea, la Formación Morelos.

Después del depósito de la Formación Mezcala ocurrió un periodo de deformación fuerte, uno de cuyos resultados fue la producción de las estructuras mayores con orientación hacia el norte y el plegamiento estrecho en escala más pequeña de dicha unidad. Los estratos de grano más grueso fueron fracturados y posteriormente cementados por calcita. Como resultado, se produjeron grandes y abundantes pliegues recostados, fallas inversas y un metamorfismo de las capas de lutita y limolita en filita, acompañadas por el desarrollo de fisilidad y de clivaje de escurrimiento en las capas calcáreas.

Fósiles y edad.- La gran mayoría de los macrofósiles encontrados en la Formación Mezcala procedieron de los 200 metros y la parte más prolífica corresponde probablemente a los 60 metros. Tanto amonoides como pelecípodos, se presentan en forma de impresiones en capas que varían en litología desde caliza hasta arena de grano grueso, y se han encontrado en localidades esparcidas.

Los macrofósiles encontrados en las capas inferiores de la Formación Mezcala proporcionan evidencias de una edad Coniaciano Temprano e indican que se trata de un horizonte cercano al límite entre los pisos Coniaciano y Turoniano.

Los microfósiles, por otro lado, proporcionan evidencias en conflicto acerca de la edad de las capas más bajas en la parte occidental. Al sur de Iguala, donde no se presenta la facies de banco Cuautla, las capas inferiores de la Formación Mezcala son de edad Turoniano Tardío.

Correlación.- Al sureste de Iguala se localiza como una unidad sin nombre hasta el noroeste de Oaxaca, donde fue nombrada Marga Tilantongo por Salas. La Marga Tilantongo descansa encima de la Caliza Petlalcingo Superior, de edad Turoniano (equivalente a la Formación Cuautla) y está cubierta en discordancia angular por las rocas clásticas del Terciario Temprano.

Formación Tetelcingo

Distribución.- Con este nombre, Ortega-Gutiérrez, F., (1980) designó a la secuencia de rocas lávicas y piroclásticas del Maestrichtiano que cubre discordantemente a la Formación Mezcala en el área de San Juan Tetelcingo y al sureste de esta población en el centro del estado de Guerrero.

Litología, relaciones estructurales, estratigráficas y espesor.- La unidad consiste de tobas y brechas volcánicas de composición andesítico-dacítica, con intercalaciones de derrames de lava de andesita basáltica de olivino y piroxenos. Tiene un espesor superior a los 400 m y se divide en tres partes, que en orden aparente de superposición son: (a) tobas y brechas, (b) lavas y brechas y (c) brechas volcánicas.

Las rocas tobáceas de la base de la unidad están compuestas por depósitos piroclásticos cuyo tamaño varía desde ceniza hasta lapilli, que consisten en fragmentos líticos alterados, ricos en biotita inalterada, así como en cristales enteros y fragmentados de plagioclasa y biotita negra. Las tobas se presentan en tonos rosa y verde, poseen una clara estratificación gradada de mediana a gruesa y se encuentran intensamente alteradas por descomposición a esmectita (bentonita) del material vítreo que contenían.

Los afloramientos de esta unidad se extienden en una franja orientada NE–SW, de aproximadamente 30 kilómetros de ancho (Salinas–Prieto, J.C., 1986). El espesor total de la unidad es incierto debido a que la erosión ha borrado parte de la unidad; sin embargo, se han medido espesores de unos 400 m por Ortega–Gutiérrez, F., (1980) y Salinas–Prieto, J. C., (1986) estima un espesor entre 400 y 800 m. Los contactos, tanto inferior como superior, de esta formación son discordantes, muchas veces a través de fallas, principalmente de desplazamiento lateral. Su edad fue establecida por un proceso de lixiviación de una muestra y se obtuvo una edad de 52.4 ± 1.8 Ma (Eoceno Temprano). Salinas–Prieto, J. C. (1986) sitúa esta formación en el Eoceno.

Grupo Balsas

Definición.- El nombre de Grupo Balsas fue propuesto por Fries, C.Jr., (1960), tomando como localidad tipo los afloramientos de mayor extensión y espesor que se encuentran cerca de Iguala y en áreas cercanas a Taxco, ambos en el estado de Guerrero.

Litología y distribución.- Las principales características por las cuales se pueden reconocer las rocas del Grupo Balsas son: la ligera inclinación que presentan, a diferencia de las del Terciario Medio–Superior que son horizontales, además son las rocas sedimentarias de origen continental con mayor antigüedad en la parte central de México.

El Grupo Balsas está constituido de gran variedad de rocas entre las que se encuentran conglomerados calcáreos, conglomerados volcánicos, evaporitas, calizas lacustres, arenas, limos, tobas y derrames volcánicos interestratificados. De acuerdo con De Cserna, Z., (1957) el Grupo Balsas es el resultado de un depósito post–orogénico de tipo “Molasse”. El nombre de Grupo Balsas, fue propuesto debido a que aparentemente no hay una correlación directa entre los diferentes cuerpos, que debido a su origen continental también presentan espesores y litología muy heterogénea.

Espesores.- También son muy diferentes, desde los 500 m medidos en su localidad tipo, hasta 800 m en los alrededores de Iguala y de 2500 m medidos cerca de Santa Fé (Fries, C. Jr., 1960).

Relaciones estratigráficas y estructurales.- Una de las características principales del Grupo Balsas es el buzamiento que presentan los diferentes estratos de las rocas que lo están integrando. Las rocas que forman esta unidad han sido afectadas en diferentes lugares por pequeños cuerpos intrusivos, los cuales han producido aureolas de metamorfismo esencialmente de mármol o rocas con silicatos de calcio y magnesio. El Grupo Balsas se encuentra descansando sobre todas las rocas que existen en Morelos desde la Formación Mezcala hasta los Esquistos Taxco, en todos los casos con discordancia angular, está cubierto en gran parte por la Riolita Tilzapotla o Formación Tlaica, que son las unidades ígneas extrusivas de más antigüedad en el estado de Morelos (Ordaz, A. A., 1977).

Fósiles y edad.- Dentro de las rocas que forman el Grupo Balsas se han encontrado fósiles vertebrados que ayudan en la datación de dicho grupo; en los conglomerados rojos que se encuentran cerca del Marfil, Gto., (6 kilómetros al SW de la capital de Guanajuato) y que se consideran isócronos a los conglomerados del Balsas, fue encontrado un roedor clasificado como *Floresomys guanajuatoensis* (Edwards, 1955), este fósil se considera que vivió a fines del Eoceno y principios del Oligoceno. Fries, C. Jr y Segestrom, K. en 1952, encontraron en la base de los conglomerados rojos de la misma región de Guanajuato el cráneo de un vertebrado que C. W. Hibbert y R. W. Wilson lo clasificaron como parecido a *Sciurus powayensis* de edad probablemente Eoceno Superior–Oligoceno Inferior.

En resumen, la edad del Grupo Balsas no está bien determinada pero hay evidencias por posición estratigráfica de que esta unidad inició su depósito en el Eoceno, concluyendo éste en el Oligoceno Medio.

Correlación.- Por sus relaciones litológicas como cronoestratigráficas, las unidades que se pueden correlacionar con el Grupo Balsas son: Grupo El Morro (Segerstrom, 1961), el Conglomerado Guanajuato (Edwards, 1955), más conocido como Conglomerado Rojo de Guanajuato, la Formación Huajuapán y la Formación Yahuitlán (Salas, G. P., 1949), el Conglomerado Tamazulapán, la Formación Tehuacán y una última unidad denominada Formación Ahuichila (Rogers, C. L., 1957). Otras áreas importantes están en la parte occidental de Bermejillo, también en los estados de Coahuila y de Zacatecas. “El Conglomerado Rojo de Taxco” debe incluirse en el Grupo Balsas”.

Riolita Tilzapotla

El nombre de Riolita Tilzapotla fue propuesto por Fries, C.Jr., (1960) para referirse a los afloramientos extensos de brecha tobácea riolítica situados en las cercanías de Tilzapotla y al sur de la laguna de Tequesquitengo y del río Amacuzac. El área de afloramiento se extiende por una distancia de 8 kilómetros al oriente de Tilzapotla y casi la misma distancia al norte, antes de que la formación desaparezca como resultado de la erosión. La Formación también se extiende unos 8 kilómetros al poniente, donde está cubierta por la Andesita Buenavista, que también la cubre a corta distancia al sur de Tilzapotla.

El espesor máximo de la unidad, cerca de Tilzapotla, es del orden de 250 m un pequeño testigo de erosión de la Riolita Tilzapotla aparece en el flanco oriental del cerro de Jojutla (Fries, C. Jr., 1960). Hacia el noroeste disminuye también el espesor total de la unidad, hasta unos 60 m cerca de Amacuzac y hasta unos pocos metros cerca de Cuauchichinola, más al norte.

Los flujos piroclásticos son de grano fino a medio y algunos de ellos tienen buena estructura fluidal y xenolitos serpentinizados; el análisis petrográfico indica que las emisiones son porfídico–holocristalino–hipidiomórficos, con fenocristales de andesina, oligoclasa, sanidino, cuarzo, augita e hiperstena, contenidos en una matriz compuesta por microintercrecimientos de feldespato y cuarzo, con ilmenita acicular; magnetita, apatita y circón intergranulares.

La Riolita Tilzapotla generalmente descansa en concordancia sobre las capas más jóvenes del Grupo Balsas y de hecho, pueden encontrarse localmente capas delgadas de este Grupo arriba de la base de la Riolita Tilzapotla. La edad de la Riolita Tilzapotla en estudios recientes, que incluyeron una datación isotópica por K–Ar en biotita de estas rocas volcánicas, al norte de Quetzalapa, Gro., cerca del límite interestatal, obtuvieron una edad de 31.9 ± 0.8 Ma (Alba–Aldave, et al., 1996), lo que indica que fueron formadas por un evento magmático durante la parte media del Oligoceno.

Formación Tepoztlán

Los únicos afloramientos de la Formación Tepoztlán se presentan en la parte centroseptentrional y en el ángulo noroccidental de la Hoja Cuernavaca (Fries, C.Jr., 1966). La formación cubre con discordancia erosional, al Grupo Balsas o con discordancia angular a alguna unidad cretácica. Aunque no se ha observado su relación con las rocas riolíticas, se considera que es más joven que ellas.

El espesor parece llegar a 1 000 m en la parte centroseptentrional (de la Hoja Cuernavaca) y se adelgaza hacia el poniente y se acuña hacia el sur, indudablemente debido en parte a su distribución original y en parte a su erosión posterior. La formación está constituida por una secuencia de capas volcanoclásticas de espesores variables de 0.5 m hasta más de 10 m. La mayoría de ellas son bastante masivas y parecen representar lahares o derrames de lodo, mientras que otras muestran el efecto de clasificación por las corrientes de aguas.

En las capas de lahares los componentes tienen forma angulosa a subangulosa, mientras que en las depositadas por corrientes de agua, muestran formas subredondeadas y redondeadas. La Formación Tepoztlán es más joven que el Grupo Balsas y probablemente también más joven que la Riolita Tilzapotla. No obstante está cubierta por la Andesita Zempoala, así como por otras formaciones más jóvenes. Tomando en cuenta su posición estratigráfica la Formación es del Mioceno Temprano.

Andesita Buenavista

Fries, C.Jr., (1960) propuso el nombre de Grupo Buenavista para la potente sucesión volcánica compuesta por corrientes lávicas, brechas y toba de composición andesítica, predominantemente, que forma el alto macizo montañoso situado al sur del río Amacuzac y al oriente de la carretera entre Amacuzac y Buenavista de Cuellar, Guerrero. De Cserna, Z. y Fries, C.Jr., (1981), reconocen la posición jerárquica de esta unidad como correspondiente a una formación y proponen denominarla Andesita Buenavista.

La sucesión volcánica se extiende al oriente hasta unos pocos kilómetros más allá de la longitud de Tilzapotla, donde queda interrumpida por el río Amacuzac y vuelve a continuar hacia el oriente, al lado oriental del río.

Todas las rocas volcánicas que están estratigráficamente encima de la Riolita Tilzapotla en esta zona, se incluyen en la Andesita Buenavista. El tipo litológico predominante en esta formación se consideró como andesítico, como lo indica el nombre asignado a la unidad, aunque las capas individuales varían en composición desde basalto a dacita y en la parte superior, se presentan rocas riolíticas.

El espesor estimado de esta secuencia volcánica es de unos 600 a 1 000 m. En todos los lugares donde aflora la formación, tiene inclinación ligera o es casi horizontal. Las capas basales descansan sobre la Riolita Tilzapotla.

Por su posición estratigráfica discordante encima de la Riolita Tilzapotla que es del Oligoceno y por estar cubierta discordantemente por la Formación Cuernavaca, considerada del Plioceno Tardío, esta formación probablemente representa una acumulación durante el Mioceno y quizás a principios del Plioceno (Fries, C.Jr., 1960; De Cserna, Z., 1981).

Formación Oapan

Existen dos áreas principales de afloramientos que sobreyacen discordantemente al Terciario volcánico y / o la Formación Balsas; el valle de San Agustín Oapan y al NW de Atenango del Río, en las partes central y norte del estado, respectivamente.

La base de la Formación Oapan está formada por areniscas tobáceas de color verde, de unos 40 m de espesor; con textura de grano fino a grueso y que están cementadas por celadonita (silicato de Al y Fe, con composición variable de Mg y K y de color verde oscuro). Las sobreyacen yesos impuros en capas delgadas de color rojizo, cuya coloración varía en sentido vertical, cambiando a gris claro hacia arriba y lutitas rojizas con matriz de yeso.

En la cima de la formación, se encuentran capas de caliza lacustre con lentes de sílice en forma de calcedonia o pedernal, cubiertas casi totalmente por una capa de caliche. El espesor total de la formación es un poco mayor a 200 m en su sección más potente. Su edad se considera que es del Mioceno–Plioceno (Nájera–Garza, J., 1995).

Andesita Zempoala

El nombre de Andesita Zempoala lo propuso Fries, C. Jr., (1960), para referirse a la sucesión de rocas volcánicas andesíticas que afloran en la parte noroccidental del estado de Morelos y que se extienden por varios kilómetros al noroeste y al norte del estado de México, la sucesión forma algunas de las cumbres más altas de la región.

Esta unidad está compuesta por derrames andesíticos de grano relativamente grueso y de color gris, que están interestratificados con brecha volcánica de la misma composición, capas tobáceas y estratos masivos compuestos por fragmentos volcánicos angulosos inequigranulares, empotrados en una matriz de grano fino, generalmente de color grisáceo, que parecen representar corrientes de lodo volcánico o lahares. La composición de estas rocas varía de andesita a andesita basáltica. El espesor de los estratos de brecha es de 70 cm.

El espesor de la Andesita Zempoala se estima cuando menos en 800 m. La Andesita Zempoala descansa en concordancia aparente sobre la Formación Tepoztlán. La edad de la Andesita Zempoala no fue determinada directamente y sólo puede inferirse de sus relaciones estratigráficas con las formaciones infra y suprayacentes (Fries, C.Jr., 1960). De Cserna, Z., (1982) atribuye a la Andesita Zempoala una edad correspondiente al Mioceno Tardío–Plioceno Temprano.

Formación Cuernavaca

La Formación Cuernavaca, nombre propuesto por Fries, C. Jr. (1960), toma su nombre de los depósitos clásticos transportados por agua, bien expuestos y muy extensos. La unidad aflora principalmente en la cuenca hidrológica del río Amacuzac y de sus afluentes. Desde su borde septentrional (unos cuantos kilómetros al norte de Cuernavaca), la formación se extiende en forma de manto interrumpido hacia el sur (límite con el estado de Guerrero).

La constitución litológica de la Formación Cuernavaca es variada. La parte septentrional y topográficamente más alta de la unidad está formada predominantemente por conglomerado en abanico de grano medianamente grueso, cuyos constituyentes son rocas volcánicas andesíticas erosionadas de las series volcánicas terciarias. En Cuernavaca y sus alrededores, la formación es semejante a la Formación Tepoztlán por el espesor variable de sus capas, de uno a varios metros, compuestas por material inequigranular desde anguloso a poco redondeado y en tamaño de grano comprende desde limo fino a bloques hasta de 1 m de diámetro.

Existe material tobáceo en algunas capas. Presenta estratificación cruzada en muchos sitios. Algunas capas, tienen carácter de lahar, mientras que otras presentan rasgos de depósito por aguas torrenciales fluviales.

Más hacia el sur, las capas se hacen delgadas y rara vez exceden los 2 m de espesor. Son de grano más fino y presentan aún cantos grandes en algunas capas. Los fragmentos no son tan angulosos. Parte del material es de origen local y aporte de fragmentos de sus porciones más elevadas. El flujo de material andesítico de localidades situadas más al norte dio a la formación una composición en general volcánica.

En las zonas más apartadas en la región, son más numerosas las capas conglomeráticas de grano fino, de arena y de limo. Localmente, pudieron haberse formado pequeños depósitos margosos y por la tierra diatomácea de algunos interestratos debido a agua estancada. En varios lugares se encuentran depósitos de travertino formados por aguas de manantial que fluyeron a través de la caliza.

Los depósitos de travertino se hallan en la orilla septentrional de Tlaltizapán y un poco al sureste de Temilpa Vieja. Incluso, se depositó yeso en pequeños charcos en el valle que se dirige al sur-sureste de Tlaltizapán.

El espesor de la Formación Cuernavaca, en las cercanías de Cuernavaca donde se presentan afloramientos de por lo menos 100 m de espesor, sin alcanzar la base de la formación. El espesor total puede alcanzar 200 ó 300 m en algunos sitios (en el pozo Soledad 1, localizado al Oeste de la ciudad de Cuernavaca, el espesor llega a los 400 m).

La formación yace en discordancia erosional marcada encima de todas las otras unidades litológicas de la región. Tiene relaciones angulares con la Formación Balsas y con unidades más antiguas, mientras que su relación angular con las diferentes unidades volcánicas del Terciario medio es más pequeña. La unidad inmediata suprayacente es el Grupo Chichinautzin, que en todas partes descansa en discordancia erosional sobre la Formación Cuernavaca.

Su edad aún no se ha comprobado, aunque no puede ser más antigua que el Plioceno, ni más reciente que el Pleistoceno temprano. Al NW de Toluca, diatomeas de los géneros *Epithermia* *arqus*, *Epithermia* *turgida* y *Stephanodisus* *niagarac*, proporcionan una edad del Plioceno medio al Plioceno Tardío (Ordaz-Ayala, A., 1977).

Grupo Chichinautzin

Esta unidad estratigráfica comprende todas las corrientes lávicas y material vulcanoclástico asociado, incluyendo materiales clásticos depositados por agua, de composición andesítica y basáltica que descansan con discordancia encima de la Formación Cuernavaca o de unidades más antiguas (Fries, C., Jr., 1960).

El área de afloramiento del Grupo Chichinautzin se encuentra en el extremo norte de la hoja en el límite entre Cuernavaca, en el estado de Morelos y Distrito Federal, donde constituye la ladera meridional del Eje Volcánico Transmexicano de volcanes pliocénicos-pleistocénicos.

Rocas Ígneas Extrusivas.- Tanto en el trabajo principal de Fries, C.Jr., (1960), como en la Hoja Cuernavaca, Fries, C.Jr. y Pantoja, J., (1966), hacen una amplia exposición de rocas extrusivas casi todas de origen volcánico (coladas e ignimbritas) en las que incluyen las formaciones:

Formación Tlaica, Tilzapotla del Oligoceno; los Grupos Tepexco, Ixtilco y Buenavista formados de derrames de lavas con intercalaciones de material vulcánoclastico, andesitas y riolitas de edad, entre el Mioceno y Plioceno, incluyendo a la andesita Zempoala del Plioceno.

Rocas Ígneas Intrusivas.- Son casi todas de edad Cretácico Superior-Terciario, e incluyen granitos al SW de Chilpancingo y el Granito Colotepec que es un pequeño cuerpo que intrusiona a la Formación Xochicalco en la parte S-W de la Hoja de Cuernavaca.

También se encuentra la Granodiorita Jantetelco y la Diorita Xalostoc también en Morelos. Pueden apreciarse diferentes diques dioríticos y pórfidos dioríticos al W de la cuenca de Guerrero.

Depósitos clásticos continentales

En el estado de Morelos:

Los depósitos continentales de edad post-Cuernavaca y no formados por corrientes lávicas o conos cineríticos se describen aquí junto con el aluvión. Incluyen generalmente materiales no consolidados que varían desde detritos compuestos por fragmentos angulosos y gruesos hasta limo y arcilla fina, así como cantidades menores de marga, tierra diatomácea, turba, ceniza volcánica, loess y travertino.

Los depósitos clásticos compuestos de material volcánico, se encuentran principalmente en la mitad oriental del estado, donde cubren superficies erosionadas encima de la Formación Tlayécac.

En cambio, depósitos continentales con menos elementos volcánicos, se presentan principalmente en la mitad occidental del estado, donde han sido cartografiados como aluvión.

El área más grande cubierta por la unidad clástica del Pleistoceno y Holoceno es la que ocupa los valles de Yautepec y Cuautla. Parte del material consta de grava gruesa con cantos, pero la mayor parte está compuesta por arena, limo y arcilla, con mucha ceniza mezclada.

Con la arcilla está mezclada materia carbonosa en ciertos sitios al poniente y sur de Cuautla. Hay travertino y marga en menor cantidad al oriente de Tlaltizapán.

En esta extensa área, el material clástico descansa indiferentemente sobre las formaciones Cuernavaca, Tepoztlán, Grupo Balsas y las formaciones sedimentarias cretácicas.

Dicho material clástico está interdigitado con corrientes lávicas basálticas del Grupo Chichinautzin y por consiguiente descansa localmente sobre algunas de ellas.

La causa principal de la acumulación de estos depósitos fue el bloqueo repetido del desagüe hacia el norte, en las cercanías de Oaxtepec, Itzamatitlán y Yautepec, así como aguas abajo en el valle del río Yautepec.

La superficie de la cubierta aluvial al poniente de Cuautla fue probablemente aumentada por la disolución posterior de la caliza, a lo largo del pie oriental de la serranía, con el hundimiento consecuente y el depósito de aluvión.

Otra área bastante grande cubierta por esta unidad clástica continental se extiende al noroeste, sureste y suroeste de Jojutla. El aluvión de esta área consiste principalmente en grava, arena y limo, con mucha ceniza mezclada.

Debe su existencia al bloqueo del desagüe por corrientes lávicas que descendieron desde el norte y continuaron bajando por el valle del río Yautepec hasta la confluencia de los ríos Cuautla y Amacuzac.

Los depósitos aluviales se acumularon a causa de la disolución de la caliza infrayacente y del desarrollo de dolinas y poljes, seguido por el relleno; aparecen en forma de manchones de tamaños variados.

En la región ha predominado claramente la erosión activa desde que se depositó la Formación Cuernavaca y los productos de desintegración han sido acarreados hacia fuera, en el sistema hidrológico del río Balsas, con excepción de aquellos que se han detenido temporalmente por bloqueos del desagüe por corrientes lávicas (Fries, C.Jr., 1960).

En el estado de Guerrero:

Depósitos provenientes de este período se hallan rellenando las partes mas bajas de los valles, como los de Chilpancingo, Mochitlan, Cocula, Iguala, Huamuxtitlán y Tixtla, a lo largo del río Balsas en Tierra Caliente y en los llanos de ambas costas.

Son en su mayor parte depósitos fluviales, como arenas, gravas, limos y arcillas, aportados por las corrientes que drenan los valles y en cantidades minúsculas precipitaciones químicas por evaporación.

En la tabla 2 que aparece a continuación, se relacionan unidades estratigraficas, las cuales fueron correlacionadas por los diferentes autores que han realizado estudios dentro y partes adyacentes del área de la Plataforma Morelos–Guerrero de W–E, desde 1960 a 1995.

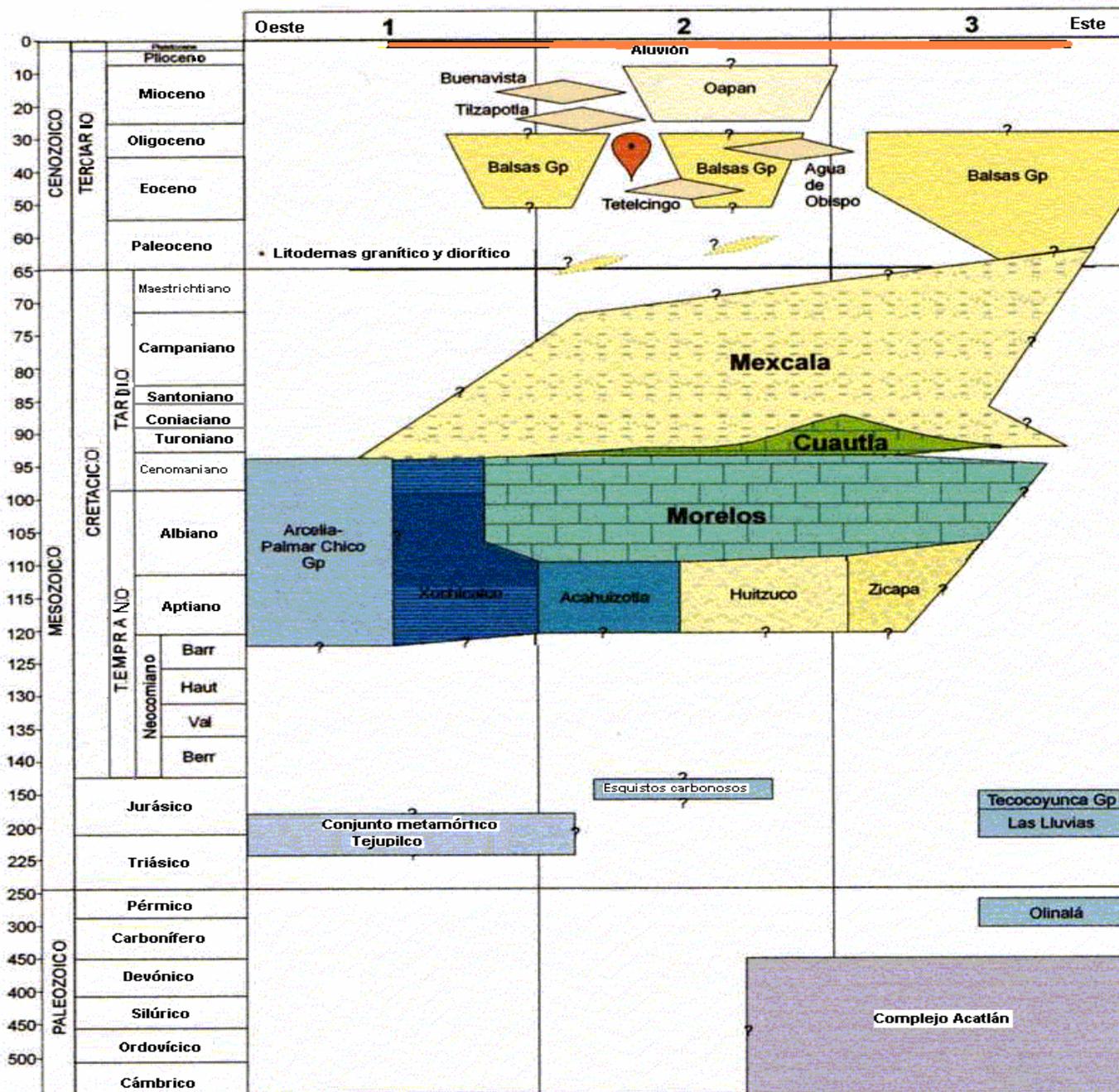


Tabla 2. Correlación de unidades estratigráficas que van de Oeste-Este en la Plataforma Morelos-Guerrero.

En la Columna 1 participaron: Fries, C. Jr., (1960), Ontiveros –Tarango, G., (1973), De Cserna, Z. et al., (1978), Campa, U. M. F. & Ramírez, E. J., (1979), Elías-Herrera, M.E. & Sánchez-Závala J.L., (1993), Ruíz –Violante, A. & Básañez –Loyola, M.A., (1994), Elías-Herrera, M.E., et al., (1994).

En la Columna 2 participaron: Fries, C. Jr., (1960), De Cserna, Z., (1965), Ontiveros –Tarango, G., (1973), De Cserna, Z., et al., (1980), Ortega-Gutiérrez, F., (1980), Meneses-Rocha, J., et al., (1994), Hernández-Romano, U., (1995).

En la columna 3 participaron: De Cserna, Z. et al., (1980), Flores de Dios –González, L.A., (1986), Aguilera-Franco, N., (1995), Hernández-Romano, U., (1995).

II. 4. Estructuras geológicas

En cuanto a las estructuras geológicas, de la Plataforma Morelos–Guerrero está caracterizada por pliegues y cabalgaduras, producto de un acortamiento dirigido con un rumbo general hacia el este–noreste durante el Cretácico Superior (De Cerna, Z., et al., 1980; PEMEX, 1989; Salinas–Prieto, J.C., et al., 2000). Este acortamiento ha sido interpretado anteriormente como consecuencia de la acreción y amalgamación del Terreno Guerrero hacia el continente (Campa, M. F. y Coney, P. J., 1983; Consejo de Recursos Minerales y ERCT –VAG, 1997) o asociado con la deformación de la Sierra Madre Oriental (De Cserna, Z., et al., 1980).

En su parte poniente la estructura de la Plataforma Morelos–Guerrero está constituida por una franja de pliegues y cabalgaduras con un rumbo general norte–sur y vergencia general hacia el E–NE (Salinas–Prieto, J.C., et al., 2000). En su parte oriental, los patrones laramídicos se observan claramente, los pliegues y cabalgaduras presentan rumbos generales entre el noroeste–sureste y noreste–suroeste y vergencias con sentidos opuestos. La cabalgadura del río Papalutla es la estructura más importante pues involucra al basamento y conforma el límite oriental de la Plataforma Morelos–Guerrero. Según De Cserna, Z., et al., (1980), se puede especular que esta estructura afecta a rocas cretácicas plegadas previamente y por tanto sería una estructura terciaria. El mismo autor considera que esto es mecánicamente difícil de explicar considerando un régimen de deformación extensional prevaleciente durante el Terciario. De forma evidente, la cabalgadura de Papalutla marca un cambio abrupto en edad y litología entre la Plataforma Morelos–Guerrero del Cretácico y el complejo Acatlán del Paleozoico, y su estilo de deformación NE–SW parece afectar tanto a los pliegues laramídicos como a rocas terciarias.

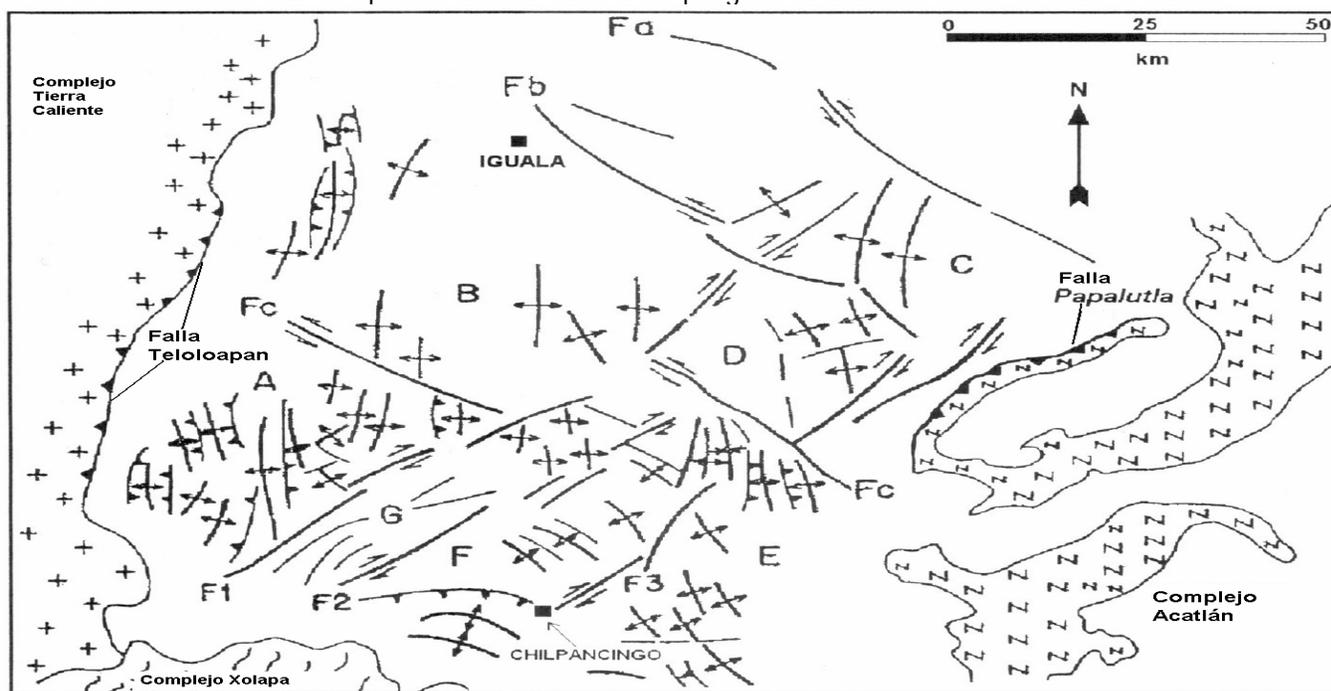


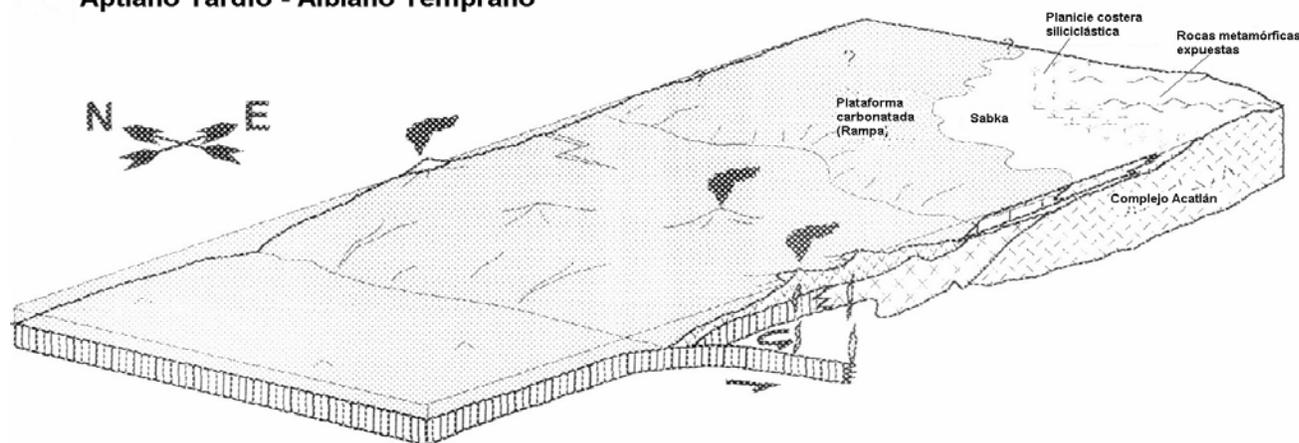
Figura 12. Orientación y relaciones de los mayores plegamientos y fallas en la Plataforma Morelos–Guerrero (Meneses–Rocha, J. et al., 1994).

Resumiendo, de los trabajos previos se pueden interpretar de manera esquemática dos episodios tectónicos importantes que afectaron la zona de la Plataforma Morelos–Guerrero: la deformación laramídica, del Cretácico Superior a Eoceno; y el movimiento lateral–izquierdo que no está representado en la figura 12, del Terciario a partir del Eoceno Tardío al Mioceno.

II.5. Evolución geológica de la Plataforma Morelos–Guerrero

Hasta ahora se sabe que los mares jurásicos fueron los primeros en ocupar la cuenca Morelos–Guerrero y seguramente estaban limitados tanto al Este como al Sur por antiguas rocas Pre–Cámbricas o Paleozoicas. Al Norte y al Oeste pudieron encontrarse los Esquistos de Taxco o parte de la Plataforma de Zitácuaro; el límite al Oeste no está muy claro y aparentemente estuvo en comunicación el portal Jurásico del Balsas. Durante largo tiempo, la Roca Verde Taxco Viejo, quedó sujeta a la erosión hasta principios del período Cretácico, dejando una topografía irregular que explica las discordancias existentes entre las rocas más antiguas y las cretácicas, incluyendo las del Terciario (Ontiveros, T. G., 1973). A principios del Cretácico, la antigua tierra de Taxco Zitácuaro, sufre un hundimiento que ocasionó que las partes elevadas, a medida que eran invadidas por los mares, proporcionaran condiciones apropiadas para el depósito de potentes espesores de sedimentos calcáreos de facies someras, producidos por la precipitación de los carbonatos que saturaban las aguas marinas y por el desarrollo de organismos formadores de bancos arrecifales. Al mismo tiempo, en las depresiones del fondo marino de la cuenca localizada entre las dos masas continentales (Península de Oaxaca y antigua Tierra de Taxco–Zitácuaro), se depositaron sedimentos de facies profundas de probable constitución calcárea, evidenciadas por la presencia de la parte inferior de la Formación Tamaulipas Superior que comprende el equivalente en facies profundas de la cima de la Formación Acahuizotla de edad Aptiano Superior, como se muestra en el siguiente esquema paleogeográfico.

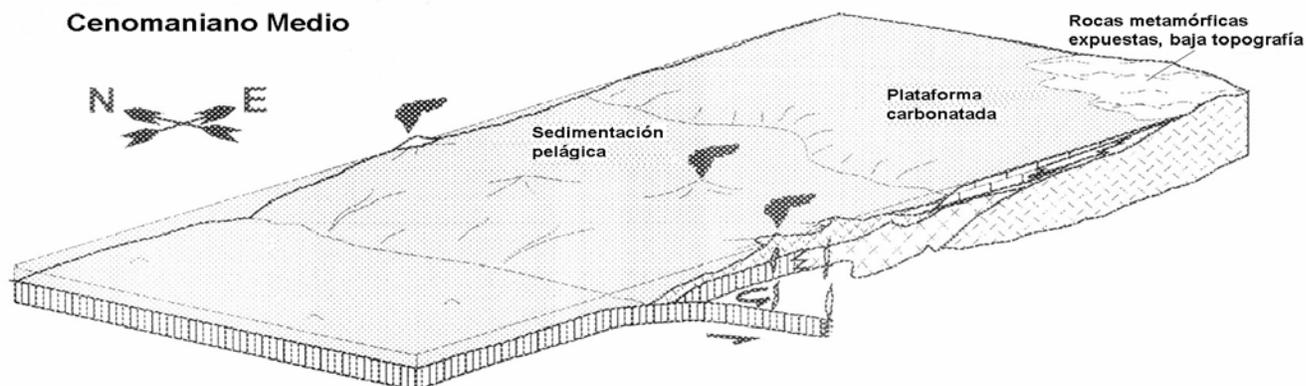
Aptiano Tardío - Albiano Temprano



Esquema 1. Paleogeográfico de la evolución tectónica y sedimentaria de la Plataforma Morelos-Guerrero. Basada parcialmente en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

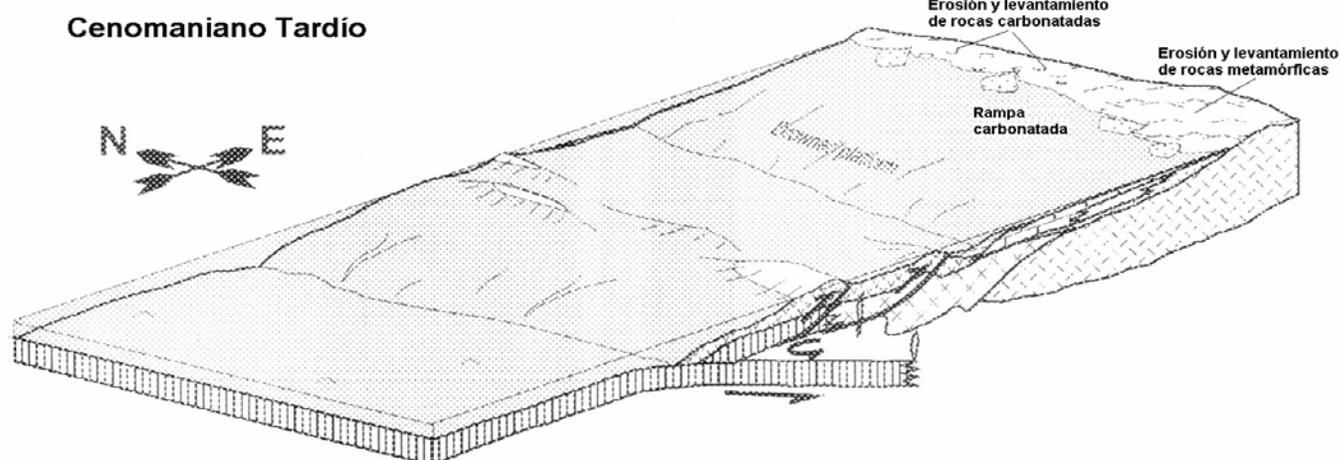
Al norte de Guerrero las rocas que se formaron en esa época, son las que integran a la Formación Acahuizotla, la cual descansa en forma discordante sobre los Esquistos Taxco. Posteriormente se interrumpió el depósito por todo el resto del Neocomiano, donde se inició la secuencia de las lutitas y limolitas calcáreas de la Formación Acuitlapán. Los mares continuaron su proceso de transgresión durante el Cretácico Inferior, formándose condiciones propicias para la precipitación de las calizas que constituyen a la Formación Xochicalco, misma que se le determinó su edad, con base en los fósiles, a diferencia de las unidades anteriores, que se les ha asignado la edad por su posición estratigráfica. Durante el Albiano Medio, las condiciones del medio de depósito en algunos lugares, fueron propiciando la precipitación de las anhidritas que constituyen la base de la Formación Morelos y posteriormente en el Albiano Superior–Cenomaniano Inferior el medio ambiente de ésta, cambió notablemente y como consecuencia, sobre las anhidritas se depositaron las calizas oolíticas y fosilíferas que son las que forman la unidad.

Durante el Albiano–Cenomaniano, al continuar la transgresión marina sobre las tierras positivas, las condiciones irregulares del fondo marino existentes al depositarse la Formación Acahuizotla, prevalecieron para dar lugar a la acumulación de espesores considerables (en algunas partes hasta 1 200 m), de sedimentos calcáreos con grandes desarrollos arrecifales en forma de "biohermas" en las zonas donde la acción del oleaje era débil y no alteraba el habitat de los organismos que vivieron al amparo de la barrera construida por la asociación de sedimentos característicos de alta energía (brechas, bioclastos, oolitas, etc.) y los organismos que resistían el embate de las olas; en las depresiones continuaba efectuándose el depósito de la Formación Tamaulipas Superior, caracterizada por un espesor reducido y calizas arcillosas con nódulos y bandas de pedernal, al igual que las de la Formación Morelos, en los límites de plataforma (ver el siguiente esquema paleogeográfico).



Esquema 2. Paleogeográfico de la evolución tectónica y sedimentaria de la Plataforma Morelos-Guerrero. Basada parcialmente en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

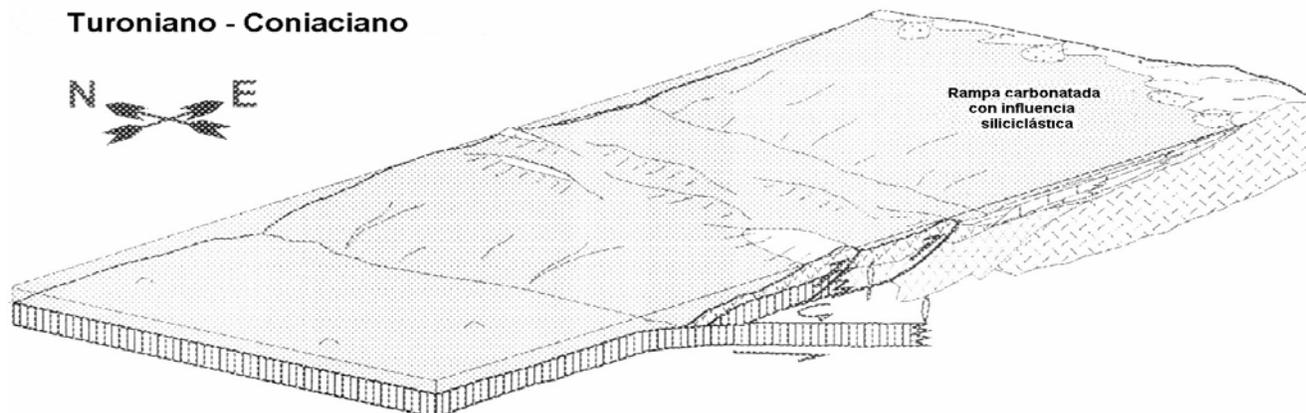
En el Cenomaniano Medio y Superior, la región se vio afectada por una regresión, provocando así, una erosión o un no depósito de las calizas Morelos, continuándose el depósito de éstas hasta el Turoniano, dando lugar así a la integración de la Formación Cuautla, por una transformación en la fuente de origen efectuada después del Turoniano. Estas calizas en la parte superior pasan gradualmente a calizas arcillosas, lutitas calcáreas hasta llegar a una alternancia de lutitas y areniscas que son las que constituyen la Formación Mezcala, depositada durante el Coniaciano y probablemente hasta el Maestrichtiano (ver el siguiente esquema paleogeográfico).



Esquema 3. Paleogeográfico de la evolución tectónica y sedimentaria de la Plataforma Morelos-Guerrero. Basada parcialmente en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

A fines del Cenomaniano y principios del Turoniano con las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, se origina en el centro de la cuenca un ligero basculamiento de oriente a occidente hacia la porción sur de la Antigua Tierra de Taxco–Zitácuaro, impidiendo que continuaran acumulándose sedimentos calcáreos y crea un ambiente favorable para el depósito de los sedimentos calcáreos–arcillosos con pedernal de la Formación Agua Nueva y en algunas partes la base de la Formación Mezcala (ver el siguiente esquema paleogeográfico).

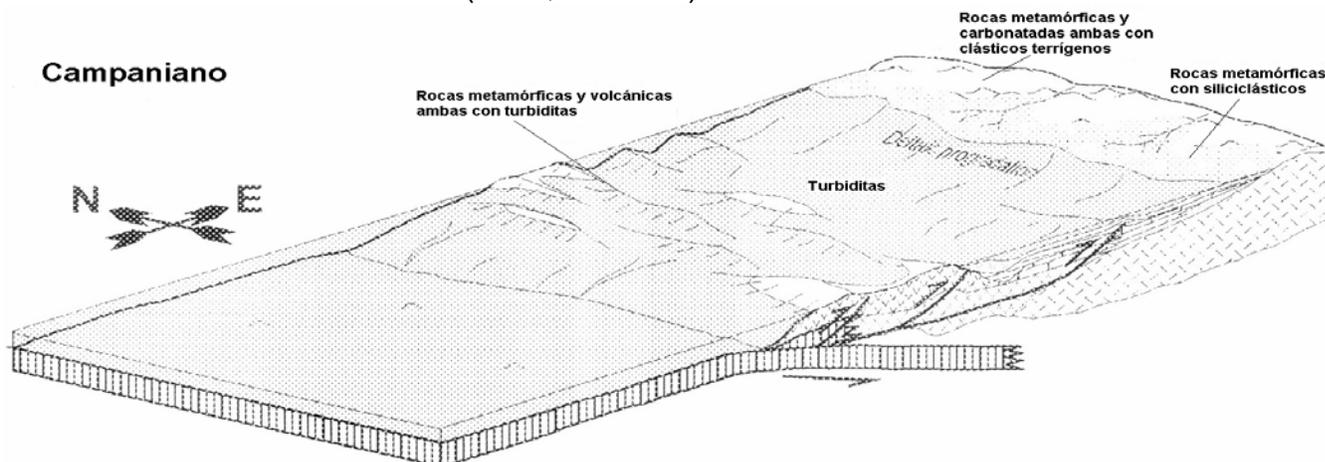
Turoniano - Coniaciano



Esquema 4. Paleogeográfico de la evolución tectónica y sedimentaria de la Plataforma Morelos-Guerrero. Basada parcialmente en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

En la porción oriental de la cuenca (al este del límite oriental del área) las condiciones de plataforma somera continuó conservándose para dar lugar al depósito de la Formación Cuautla de facies calcárea con desarrollos de bancos arrecifales (ver el siguiente esquema paleogeográfico). A principios del Terciario, las aguas marinas se retiraron como consecuencia del inicio de la Orogenia Laramídica, dando lugar al depósito de sedimentos continentales, sobre todo, en las partes bajas de los sinclinales o en las zonas falladas, donde se depositaron las rocas del Grupo Balsas durante el Eoceno–Oligoceno, interrumpiéndose ésta, por la aparición del Eje Volcánico Transmexicano con el Oligoceno Superior y que como resultado aparecieron andesitas y basaltos al norte del área y riolitas, riolacitas y andesitas al sur de la misma, formándose así, pequeños lagos y llanuras aluviales donde se depositaron los sedimentos de la Formación Cuernavaca (Plioceno), suspendiéndose este por la aparición de los basaltos Cuaternarios que forman el Grupo Chichinautzin mismos que integran la Sierra que divide el valle de Cuernavaca con la cuenca de México (Ordaz, A. A. 1977).

Campaniano



Esquema 5. Paleogeográfico de la evolución tectónica y sedimentaria de la Plataforma Morelos-Guerrero. Basada parcialmente en secciones hechas por Sánchez-Zavala, J. L., (1993).

III. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

III. 1. Descripción de actividades

Para lograr el objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se realizaron recorridos geológicos para reconocer y ubicar cada estación o afloramiento a lo largo de transectos estratégicos, con el fin de reconocer los rasgos generales y levantar datos estructurales, datos descriptivos e ilustrativos y muestras litológicas en cada uno de los puntos que se propusieron dentro de la Plataforma Morelos–Guerrero.
- Todas las estaciones de trabajo y los recorridos, así como las trayectorias de las carreteras y caminos utilizados se ubicaron en coordenadas UTM y geográficas, con un receptor GPS marca etrex “Vista”. Se obtuvo información en el DATUM NAD 27, lo cual permitió hacer una georeferencia satelital más precisa.
- El muestreo de roca sana, se realizó mediante el método de muestreo aleatorio simple, ya que en algunos afloramientos, era imposible su acceso debido al exceso de vegetación y en otros casos no afloraba más que en un sólo punto, se utilizó martillo de geólogo, cincel y marro de 5 onzas.
- Los levantamientos estructurales se realizaron con brújula Brunton y flexómetro.
- Para la obtención de fotografías (ilustraciones) se utilizó una cámara marca canon digital con 3.2 M.P.
- Se utilizó el software Arc View versión 7.2, en donde se descargaron los datos de cada punto obtenido con el GPS, para elaborar con ayuda de cartas digitales de los estados de Morelos y Guerrero, un mapa de ubicación para cada afloramiento o estación.
- También se utilizaron herramientas de Microsoft Office (Word y Excel), para almacenar cada uno de los datos obtenidos en cada punto o estación de recorrido.
- Trabajo de campo.

Se efectuó el levantamiento geológico bajo el siguiente orden: ubicación (fecha, hora, nombre local, posición geográfica, etc.), observación del afloramiento a distancia (geometría, discontinuidades, estructuras a gran escala, relaciones generales, croquis del afloramiento, toma de imágenes, etc.), estudio del afloramiento (litología, estructuras, orden estratigráfico, relaciones estratigráficas, contenido fósil, muestreo, etc.) y elaboración de hipótesis en cada punto o estación.

- Trabajo de gabinete.

Se realizó el estudio macroscópico y microscópico de cada una de las muestras de rocas tomadas en cada una de las estaciones y / o puntos, para definir su composición mineralógica, sus relaciones texturales y contenido fósil en caso de tenerlo.

- Trabajo para realizar láminas o secciones delgadas.

Para la realización de secciones o láminas delgadas de cada muestra de roca sana, para su estudio en el microscopio petrográfico, se llevó a cabo la siguiente metodología:

1. Se realizó un corte doble de cada una de las muestras de roca (llamadas galletas) que se obtuvieron en el campo, una para análisis petrográfico (lámina normal) y otra para observar la porosidad (lámina impregnada con azul de metileno y bálsamo de Canadá).
 2. Asentamiento de las galletas con abrasivos del 320 y 220 respectivamente sobre disco de acero.
 3. Asentamiento de galletas con abrasivo fino del 600 sobre vidrio y a mano.
 4. Pegado de galletas para las láminas normales sobre portaobjetos con termoplástico y para el caso de las muestras que se impregnaron de azul de metileno y bálsamo de Canadá, se saturó la galleta con azul de metileno mezclado con agua a una temperatura de 200°C y una vez bien saturada la muestra se impregnó con bálsamo de Canadá y se dejó cocer a mayor temperatura 250–300°C, posteriormente se retiró el residuo de bálsamo de Canadá para que la galleta quedara impregnada y de esta manera pegarla al portaobjetos con termoplástico.
 5. Posteriormente se llevó a cabo el corte y desvastado de cada una de las muestras pegadas en los portaobjetos e impregnadas con azul de metileno, en la máquina petrothin hasta llegar a tener una muestra con un espesor de 50 micrómetros sobre el portaobjetos.
 6. Por último se llevó a cabo el desvaste a mano con los abrasivos del 600 y 1 000 mezclado con aceite hasta obtener el espesor de 30 micrómetros y el pulido en disco de cada una de las muestras con el fin de observar lo mejor posible los minerales y la textura de cada una de las muestras, así como su contenido fósil en un microscopio petrográfico y su porosidad medida por el método del analizador de imágenes.
- Determinación de porosidad en la roca mediante el analizador de imágenes.

Para determinar el estudio de la porosidad que tiene cada una de las rocas mediante el método del analizador de imágenes, fue necesario que cada una de las muestras fueran impregnadas con resina (bálsamo de Canadá) y azul de metileno, con el único fin de que la porosidad en la roca, se pueda observar con ayuda de un microscopio petrográfico, ya que el analizador de imágenes, es un microscopio petrográfico que cuenta con una cámara, la cual está conectada a una computadora y por medio de un software (Enterprice) nos permite visualizar la imagen de cada una de las muestra en el microscopio. Para poder trabajar en cada una de las muestras fue necesario utilizar un sólo objetivo del microscopio petrográfico, el estudio se realizó con el objetivo 10x y también diferentes filtros de colores (verde, humo, azul y troquelado), porque el programa de la computadora trabaja con las diferentes escalas de grises y rutinas que uno le va indicando que realice sobre la imagen captada, de esta manera se pueden diferenciar las zonas porosas y/o poros para que no se confundan con los minerales opacos, con la roca, la matriz o el cementante. Una vez que se termina de trabajar con cada una de las muestras, es decir se termina de darle una rutina a la imagen, el mismo programa cuenta con la ayuda de una plantilla que manda directamente la información a Word Office y de esta manera se le da el acabado y presentación que uno requiere. Cabe mencionar que se realizaron dos análisis a cada una de las muestras, con el fin de verificar que se mantuvieran dentro de un parámetro o intervalo de porosidad en las diferentes muestras de roca.

III. 2. Levantamiento de datos geológicos

Afloramiento: cerro Xochicalco (entrada a la zona arqueológica Xochicalco).

Posición geográfica: X = 68972, Y = 78896.

Altitud: 1295 m.s.n.m.

Este punto (118), pertenece a la Formación Xochicalco y se localiza en la entrada a la zona arqueológica de Xochicalco, en el cerro con el mismo nombre, en donde se puede observar una caliza de tipo mudstone-wackestone, con distribución homogénea y superficies de estratificación plana, con un rumbo general de N45°E / 42°SE, la roca caliza es de color gris claro a la meteorización y al fresco de color gris claro a negro, debido al contenido de materia orgánica, se presenta pedernal en forma de nódulos y lentes delgados intercalados con los estratos, su espesor varía de delgado a mediano con estratos que van de 10 cm a 30 cm. Este afloramiento es muy pequeño aproximadamente 15 m de largo por 2 m alto y sólo aflora en esta zona ya que está cubierto por vegetación, (ver estudio petrográfico láminas 118).



Afloramiento Xochicalco

Afloramiento: Cantera Agua Salada (Tlapala).

Posición geográfica: X = 63410, Y = 20419.

Altitud: 1050 m.s.n.m.

En este punto (124), pertenece a la Formación Huitzuc y se puede observar una cantera de material que actualmente se encuentra en explotación, la cantera está constituida por anhidrita en forma laminar con una distribución homogénea, el color varía de blanco a color gris oscuro, la roca inalterada es más densa, es decir, anhidrita casi pura. El yeso que se presenta es de color blanco y es producto de la hidratación de la anhidrita por aguas subterráneas. Este punto corresponde a la facies de plataforma evaporítica de Wilson, en donde existen ambientes de supramarea y de lagos en la plataforma marina por lo que el yeso y la anhidrita son comunes dentro de estos depósitos, (ver estudio petrográfico láminas 124).



Afloramiento Cantera Agua Salada

Yeso y anhidrita

Afloramiento: Paso Morelos. Carretera Paso Morelos–Huitzucó (4 kilómetros al oeste de Paso Morelos).

Posición geográfica: X = 74744, Y = 17815.

Altitud: 1221 m.s.n.m.

Este afloramiento, pertenece a la Formación Morelos y se encontró una secuencia de rocas carbonatadas que va de tipo wackestone a packstone y contenido fósil visible en muestras de mano. Dicha variación en la composición de las rocas no-clásticas constituye un registro de los eventos transgresivos-regresivos que dieron lugar a la formación de la secuencia.

Se realizó un recorrido con sentido de Este-Oeste con referencia en la carretera en donde se tomaron diferentes puntos para observar las características y realizar una descripción de dichas rocas, con los datos obtenidos se realizó una sección geológica esquemática y se muestra más adelante, (ver estudios petrográficos láminas 119 a 123).

En el primer punto (119), se presenta una caliza de tipo wackestone-packstone, con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana, tiene un color gris claro a la meteorización y gris oscuro al fresco, con rumbo general de N60°W / 15°SW, los estratos varían de mediano a grueso ya que presentan un espesor que va de 50 a 70 cm, también se distinguen estructuras comunes de las calizas como lo son las estilolitas y los lapiaz, en cuanto al contenido fósil visible con la lupa se distinguen Foraminíferos (miliólidos). Este punto corresponde a la facies de pendiente frontal de la plataforma carbonatada de Wilson en donde se presenta estratificación gruesa.



Afloramiento Paso Morelos



Estructuras sedimentarias estilolita y lapiaz en caliza

En el siguiente punto (120), se pudo observar una caliza de tipo wackestone-packstone, con distribución homogénea y superficie de estratificación plana. Tiene un color gris claro a la meteorización y gris oscuro al fresco, con un rumbo general de N30°W / 22°SW. Los estratos varían de mediano a grueso ya que los espesores que se presentan tienen un tamaño que van desde 0.5 m a 1 m, se siguen presentando estructuras como estilolitas y lapiaz. Este punto corresponde a una facies marina de plataforma abierta de Wilson, por lo cual pudo haber existido transgresión y regresión marina. Este punto se encuentra cubierto por vegetación.



Estructura sedimentaria llamada estilolita

Estructura sedimentaria llamada lapiaz

En este punto (121), se observó un conglomerado intraformacional con una distribución homogénea, el cual presenta fragmentos de calizas con espesor variado de fino a mediano ya que los tamaños de los fragmentos van de 5 a 30 cm. Presenta un color gris oscuro al fresco y gris claro a la meteorización, con un rumbo general de $N13^{\circ}W / 30^{\circ}SW$. Este punto corresponde a la facies de arrecifes de margen de plataforma de Wilson. En otro de los puntos (122), se encontró una caliza de tipo mudstone–wackestone, con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana, de color beige amarillento al fresco y rojo amarillento claro a la meteorización, de grano muy fino, los estratos varían de delgados a medianos con un espesor que va de 10 a 40 cm. En la caliza se pueden observar canales de marea (calcarenita) y marcas de bioturbación producida por organismos. Este punto corresponde a la facies de arrecifes de margen de plataforma de Wilson.



Caliza con canales de marea

En este punto (123), se pueden observar estratos de calizas wackestone–packstone con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana, con un color gris oscuro al fresco y gris claro a la meteorización, con un rumbo general de $N07^{\circ}W / 35^{\circ}SW$, la cual presenta laminaciones llamadas carpetas de algas (SSH) en donde se puede decir que esta caliza por su contenido fosilífero se clasifica dentro de las calizas boundstone como una caliza bindstone. Este punto corresponde a la facies de arrecifes de margen de plataforma de Wilson.



Caliza con estratificación plana

En resumen se elaboró la siguiente tabla a partir del recorrido en sentido Este–Oeste que se realizó en este afloramiento.

<i>Secuencia de Rocas Sedimentarias</i>					
<i>Clasificación</i>		<i>Color</i>		<i>Estructuras</i>	<i>Fósiles</i>
		<i>Meteorización</i>	<i>Fresco</i>		
1	Caliza wackestone	Gris claro	Gris oscuro	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Foraminíferos y rudistas
2	Caliza wackestone-packstone	Gris claro	Gris oscuro con líneas rojizas	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Foraminíferos
3	Caliza wackestone-packstone	Gris claro	Gris pardusco	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Rudistas
4	Caliza wackestone-packstone	Gris claro	Gris pardo-rojizo	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Miliólidos y rudistas
5	Caliza wackestone-packstone	Gris claro	Gris claro	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Rudistas
6	Conglomerado Intraformacional	Gris claro	Gris oscuro	Masiva-compacta	_____
7	Caliza wackestone-packstone	Amarillento	Rojizo	Compacta	_____
8	Carpeta de algas	Gris oscuro	Gris claro	Laminación	_____
9	Caliza packstone	Gris claro	Gris oscuro	Masiva-compacta, con estructuras de disolución (estilolitas y lapiaz).	Turritelas

Nota: Conforme se iba subiendo estratigráficamente aumentó el tamaño y la densidad de los organismos.

También se elaboró una sección esquemática para interpretar como están ubicadas cada una de las diferentes litologías que se encontraron en este punto, la sección se muestra a continuación:

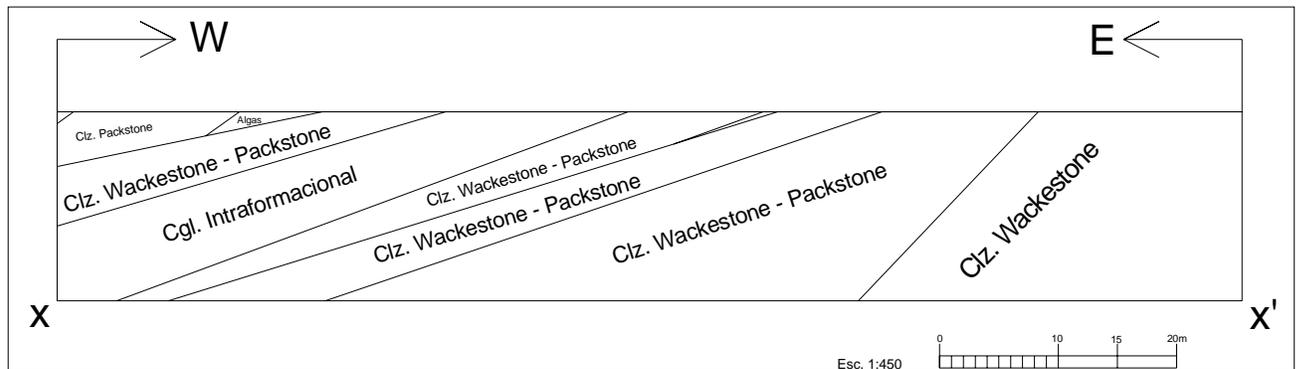


Figura 13. Sección geológica esquemática del afloramiento Paso Morelos.

**Afloramiento: cerro de las Piedras Preciosas en el cerro Calera chica.
Colonia Las Lajas, Jiutepec, Mor., (1 km al sur de Jiutepec).**

Posición geográfica: X = 80838, Y = 86168.
Altitud: 1339 m.s.n.m.

En el llamado cerro de las Piedras Preciosas puede observarse un afloramiento el cual es una cantera de roca caliza que se encuentra en explotación, para obtener grava y cal. A continuación se describe el afloramiento en cuestión.

Es una cantera de material constituido principalmente por una secuencia de calizas estratificadas e intercaladas con materiales arcillosos. Esta cantera posee tres niveles visibles y un cuarto ubicado en la parte superior, coincidiendo en altura con el nivel más alto. Este afloramiento pertenece a las Formaciones Morelos y Cuautla, (ver estudios petrográficos láminas 110 a 117).

Se realizó un recorrido del afloramiento el cual fue dentro del segundo nivel de la cantera, con sentido de izquierda a derecha con referencia a la entrada de dicha cantera. Dentro del afloramiento se levantaron diferentes puntos para obtener datos geológicos y estructurales característicos de las rocas, donde se observaron distintos cambios tanto litológicos como de tipo estructural, los cuales se mencionan a continuación. En el primer punto (110) que se tomó se ubica a la entrada de la cantera del lado derecho, donde se presenta una caliza arcillosa a caliza tipo wackestone–mudstone, con distribución homogénea y superficie de estratificación plana, en la cual se puede apreciar un plegamiento de tipo chevrón y un plano de falla con rumbo general de N12°W / 42°NE. La falla es de tipo normal, los estratos varían de delgados a gruesos ya que los espesores van de 10 cm a 1 m aproximadamente, entre estrato y estrato hay láminas de arcilla con espesores que varían de 0.2 cm a 5 cm, también se puede observar caliza precipitada o calcita recristalizada, lo cual indica que hubo filtraciones de agua en la caliza.

En la parte posterior del pliegue puede notarse un fragmento de un estrato de aproximadamente 1 m de espesor el cual se puede decir que es caliza de tipo brechoide con drusas, lo cual puede atribuirse a que hubo colapso y después se rellenó de nuevo formando este tipo de caliza.



Pliegues tipo Chevrón en caliza.



Plano falla de caliza arcillosa

En el segundo punto (111), se ubica subiendo al segundo nivel en el lado izquierdo de la cantera, la caliza mantiene los estratos intercalados con arcilla y se observa un ligero cambio en la litología ya que pasa de ser caliza arcillosa a caliza tipo wackestone, con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana, también puede observarse que el cerro tiende a ser recumbente, ya que los estratos en este punto tienen un cambio en el rumbo general de $S65^{\circ}E / 30^{\circ}SW$, aquí los estratos varían de delgados a gruesos ya que los espesores van de 7 cm a 1 m. Entre estrato y estrato se presenta una capa de arcilla con espesores que varían desde 0.7 cm a 2 cm.



Caliza arcillosa

En el tercer punto (112), se puede observar, que ha cambiado la litología en comparación con la del punto anterior, la caliza es de tipo wackestone-packstone con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana, los estratos varían de delgados a gruesos ya que los espesores van de 7 cm a 1 m, la roca se presenta con intenso fracturamiento relleno de arcilla y que fue producto del plegamiento que hizo recumbente al cerro.

En este punto se presenta el paquete más grande de arcilla que se intercala entre estrato y estrato de caliza, el cual tiene 40 cm de espesor, el rumbo general de los estratos de caliza es casi vertical. El rumbo que se tomó fue de N-S y E-W, se pueden apreciar como estructuras un boudinage en fracturamiento.



En el cuarto punto (113), no se observa un posible cambio en la litología ya que la caliza es de tipo wackestone-packstone con vetillas de calcita precipitada normales al plano de estratificación de la roca, producto del intenso plegamiento, fracturamiento, infiltración de agua y relleno en la roca caliza, donde se puede apreciar al seguir caminando otra zona en la que esta misma roca caliza se muestra de manera muy compacta masiva, con un rumbo general de N25°W / 70°SW y también se encontró un plano de falla con rumbo general de N60°E / 30°SE.

La roca caliza que se presenta compacta masiva presenta un espesor que va de 8 a 15 m y los horizontes de arcilla, que se tenían entre estrato y estrato, desaparecen.



En el quinto punto (114), se encontró una posible falla con un rumbo general de $N50^{\circ}W / 55^{\circ}NE$, se observa un posible cambio en la litología a tipo packstone-wackestone ya que la caliza se observa soportada más por granos, en este punto se incrementa el fracturamiento en la roca, por lo cual no se le observa superficie de estratificación plana, sino que se observa compacta masiva pero muy fracturada, en donde se pueden apreciar vetillas con relleno de calcita con variedad diente de perro en toda la roca.



Fotos donde se puede observar el relleno de calcita recristalizada en fracturas y el intenso fracturamiento en la roca caliza.

En el sexto y séptimo punto (115 y 116), no se presenta cambio litológico de la roca caliza, por lo cual la roca es de tipo packstone-wackestone ya que en la muestra de mano la roca caliza se observa soportada por granos en mayor proporción que lodo, con una distribución homogénea y planos de estratificación plana, por otra parte los estratos ya no se ven verticales y cambian con un rumbo general de $N70^{\circ}W / 22^{\circ}SW$, la roca se sigue presentando compacta masiva con intenso fracturamiento. En este mismo punto se hallaron estructuras llamadas estilolitas.



Roca caliza muy fracturada

Estilolita en caliza

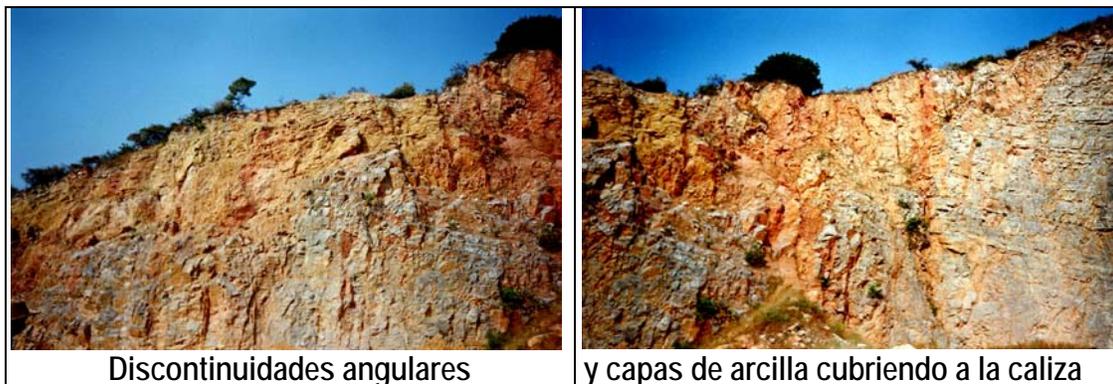
Cabe mencionar que al avanzar sobre este punto, los estratos comienzan a tener un rumbo casi horizontal, la roca caliza comienza a ser más compacta masiva y la arcilla sólo aparece como relleno de fracturas en conjunto con calcita recristalizada.

En en el octavo punto (117), se pudo distinguir que es la sección en donde se termina el banco de material de roca caliza, la cual presenta un cambio en la litología ya que es de tipo packstone, con una distribución homogénea y superficie de estratificación plana. El rumbo general que presentan los estratos de roca caliza es horizontal y es aquí en donde se llevan a cabo trabajos para la explotación de esta área de la cantera.



Banco de material en explotación

También dentro de la cantera se pueden observar discontinuidades de tipo angular, sobre las calizas, que tienen un rumbo vertical y rumbo horizontal, en donde el paquete que cubre a las calizas son arcillas. El color de las calizas en este afloramiento al fresco varía de gris claro a gris oscuro y de gris claro a beige a la meteorización.



Discontinuidades angulares

y capas de arcilla cubriendo a la caliza

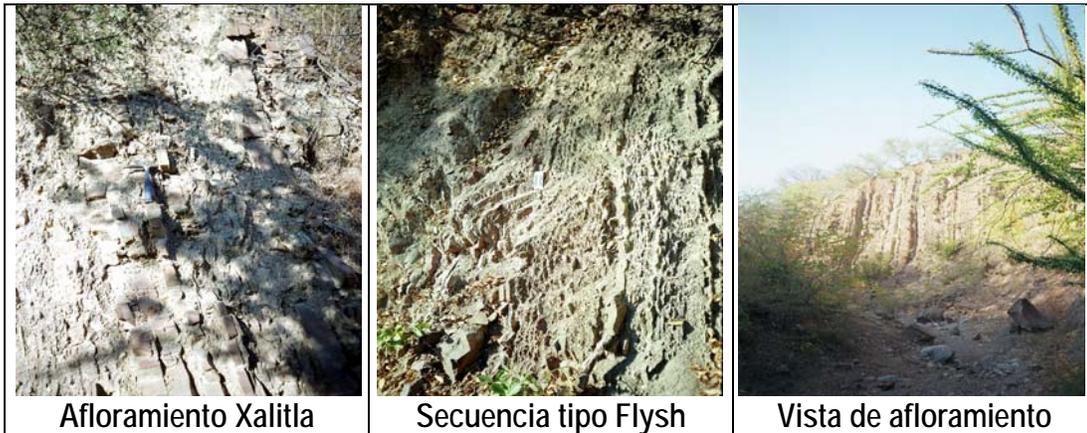
Afloramiento: Xalitla. Carretera federal Iguala-Chilpancingo (Km 162).

Posición geográfica: X = 42881; Y = 90713

Altitud: 600 m.s.n.m.

Este afloramiento pertenece a la Formación Mezcala y en el primer punto (125), se puede observar claramente una secuencia rítmica de arenisca, lutita y conglomerado (típico de secuencia turbidítica tipo Flysch), la cual presenta un rumbo general de N05°E / 76°SE. La arenisca presenta un color verde claro al fresco y verde oliva a la meteorización, es de grano fino y con estratificación gradada normal en la mayor parte de su afloramiento y en algunos puntos se presenta estratificación cruzada planar, el espesor de los estratos varía desde unos pocos centímetros hasta 1m en general pero para este punto el tamaño va de 3–20 cm, se presentan estructuras tales como marcas de corriente en la base de los estratos, boudinage poco desarrollado en los estratos y turboglifos.

Las lutitas y limolitas calcáreas presentan un color ocre a pardo al fresco y beige claro a la meteorización, se presentan en forma de láminas las cuales presentan crucero tipo "pencil" resultado de la fuerte deformación en limolitas como producto del tectonismo en esta zona, los estratos tienen un tamaño que varía de 0.2–5 cm de espesor. El conglomerado es de grano fino a grueso, presenta un color gris verdoso claro al fresco y pardo rojizo a la meteorización, presenta estratificación laminar gradada normal en el grano fino y estratificación cruzada es el grano grueso, los espesores tienen un tamaño que van de 20–40 cm de espesor, el material que lo compone parece tratarse de clastos rocas calizas y también de origen ígneo.



Al recorrer este afloramiento se observa una discordancia de tipo angular, en la cual se puede apreciar claramente como el material de la época del Holoceno se encuentra en contacto con el material del Cretácico Superior. También se distingue una clara variación en los espesores de los estratos de arenisca que presentan un tamaño de 40 cm, con estructuras llamadas toolmarks y marcas de corrientes en la base de los estratos. El conglomerado se presenta con grano más grueso y muestra estructuras como estatificación cruzada planar e imbricación, lo cual indica hacia adonde iba la corriente durante el depósito y en las lutitas se aparece el crucero tipo pencil producto del intenso fracturamiento que actuó en esa zona.



En el segundo punto (126), se observa una secuencia con alternancia de arenisca, lutitas, limolitas y yeso entre capa y capa, con un rumbo general de $N18^{\circ}E / 74^{\circ}SE$. En la cual se presentan estructuras llamadas marcas de corriente principalmente en la base de los estratos. Los espesores de los estratos de arenisca tienen un tamaño que varía de 2 a 25 cm, los de lutitas y limolitas tienen espesores en los estratos con un tamaño que va de 2 a 5 cm y los espesores de los estratos de yeso tienen un tamaño que varía de 0.5 a 2 cm, (ver estudio petrográfico lámina 125).



Marcas de corriente en arenisca y estratos de yeso

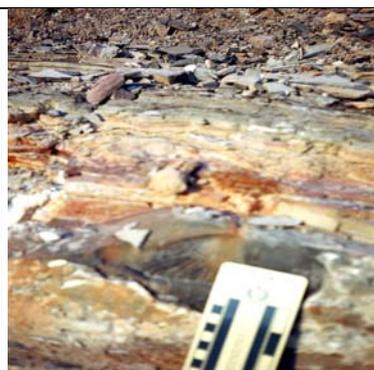
Afloramiento: río Mezcala. Carretera federal Iguala-Chilpancingo (Km 173).

Posición geográfica: X = 42811; Y = 90704
 Altitud: 562 m.s.n.m.

En este punto (127), pertenece a la Formación Mezcala y se puede observar que hay un cambio de facies, donde la secuencia de lutita negra está en forma de estratos grandes, la arenisca en forma de estratos delgados, así como la limolita y el yeso. En este afloramiento la lutita negra se encuentra con distribución homogénea y superficie de estratificación plana, presenta un color negro al fresco y gris claro a la meteorización debido al contenido de materia orgánica, los espesores de los estratos varían con un tamaño que va de 0.1 a 35 cm. No se le observan estructuras pero si mucho fracturamiento. La arenisca es de grano fino, con estratificación gradada normal, la cual presenta un color verde claro al fresco y pardo-rojizo-amarillento a la meteorización, los estratos se encuentran en alternancia con los de la lutita y tienen espesores en los estratos con un tamaño que varía de 1 a 15 cm. No se le observan estructuras. La limolita y el yeso se presentan en alternancia con la lutita y la arenisca, con plano de estratificación plana homogénea y espesores que van de 0.5 a 3 cm en la limolita y 0.5 a 1cm en el yeso. Actualmente se encuentra en explotación como material de cantera para industria de la construcción, (ver estudio petrográfico lámina 127).



Vista del afloramiento



Secuencia de rocas



Falla en afloramiento río Mezcala

III. 3. Datos de ubicación de los afloramientos (Gps)

DATOS DE UBICACIÓN OBTENIDOS EN CAMPO POR MEDIO DE GPS PARA CADA UNO DE LOS PUNTOS UBICADOS DENTRO DE LOS AFLORAMIENTOS

Punto	Sistema de coordenadas en:		
	X	Y	Z
XOCHICALCO	68972	78896	1295 m
AGUA SALADA	63410	20429	1050 m
AGUA SALADA	63495	20409	1065 m
PAS MORELOS	74744	17815	1221 m
PAS MORELOS	74805	17810	1242 m
PAS MORELOS	74853	17817	1222 m
PAS MORELOS	74783	17799	1250 m
PAS MORELOS	74767	17813	1252 m
CERRO P P	80605	37441	2204 m
CERRO P P	80838	86168	1339 m
CERRO P P	80810	86235	1363 m
CERRO P P	80868	86250	1377 m
BOUDINAGE	80880	86233	1395 m
CERRO P P	80917	86212	1385 m
CERRO P P	80937	86187	1388 m
CERRO P P	80926	86142	1390 m
CERRO P P	80939	86106	1393 m
CERRO P P	80892	86069	1393 m
XALITLA	42427	90202	572 m
TOOL-MARKS	42824	90709	566 m
XALITLA	42881	90713	600 m
Fm MEZCALA	37442	82677	516 m
Fm MEZCALA	42811	90704	562 m

Tabla 3. El sistema de coordenadas geográficas UTM que se presentan en esta tabla, se obtuvieron bajo la georeferencia satelital NAD27.

ESTUDIOS PETROGRÁFICOS Y ANALIZADOR DE IMÁGENES

III. 4. Integración de datos geológicos: (Estudio petrográfico, analizador de imágenes y porosidad)

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 118-M

Localidad: cerro Xochicalco, entrada a la zona arqueológica Xochicalco, Morelos.

Textura: Microcristalina

Granos:

Intraclastos

Materia carbonosa

Opacos

Componentes en la matriz:

Calcilutita

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

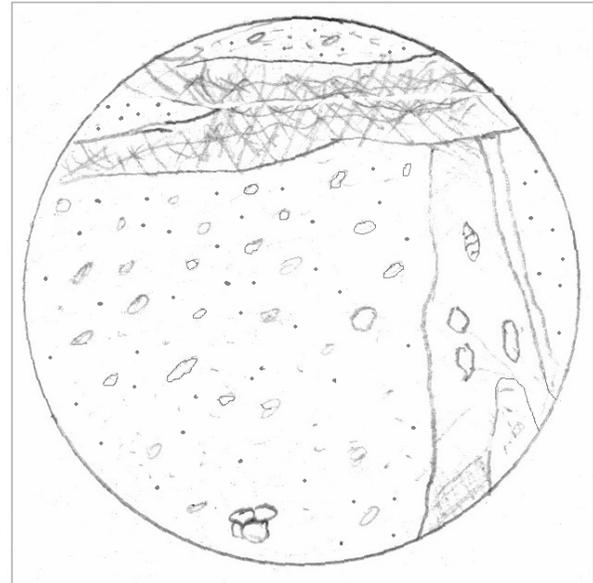
Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Puntual a tangente



Esquema de la lámina 118-M

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta matriz con calcilutita en forma de esferas o grumos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y algunos intraclastos de micrita.

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita y mezcla de materia orgánica.

Clasificación: Caliza mudstone-wackestone.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: cerro Xochicalco, entrada a la zona arqueológica Xochicalco, Morelos.
 Muestra: Lámina 118-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

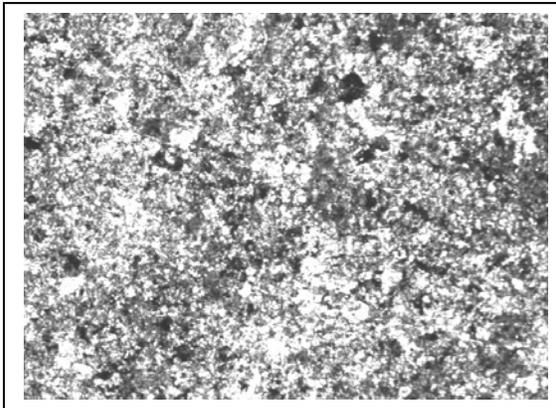


Fig. 1 Imagen en escala de grises

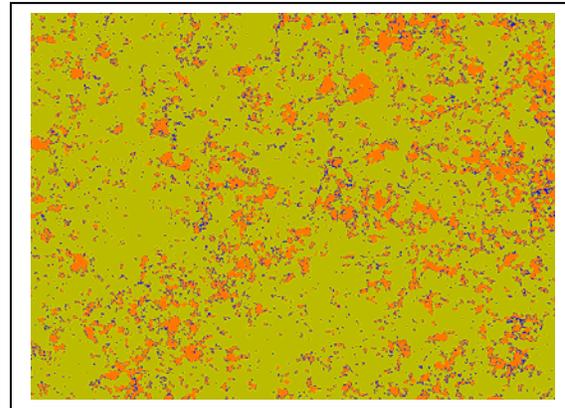
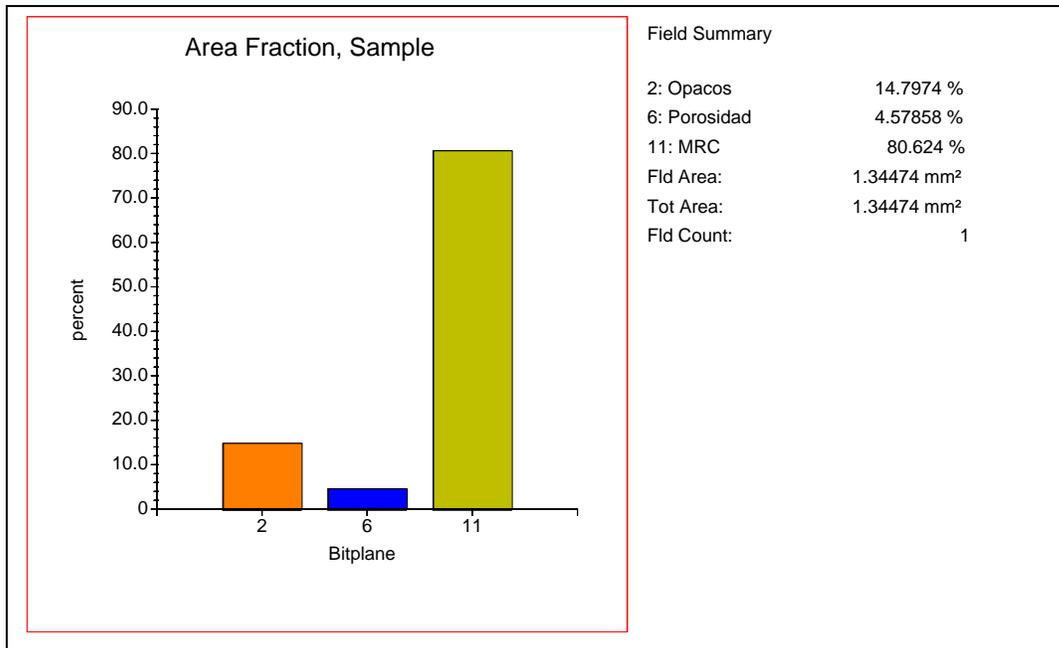


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: cerro Xochicalco, entrada a la zona arqueológica Xochicalco, Morelos.
 Muestra: Lámina 118-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Píxel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

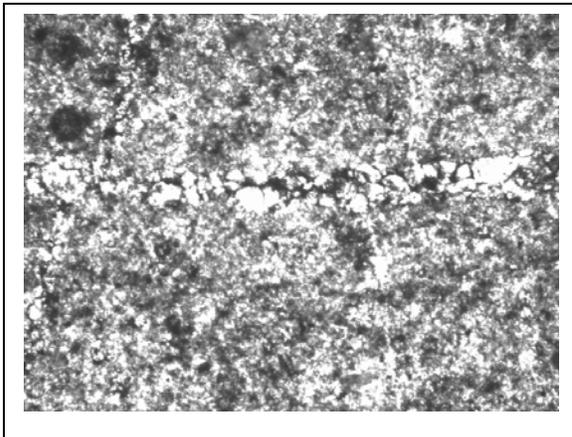


Fig. 1 Imagen en escala de grises

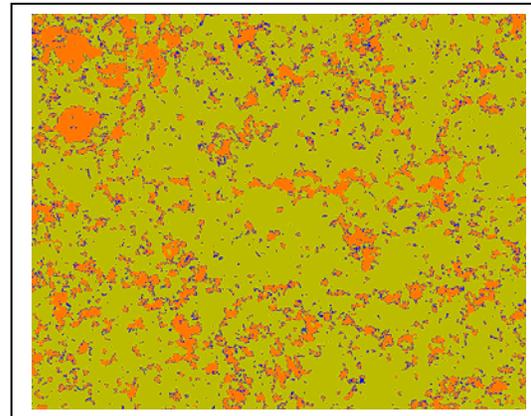
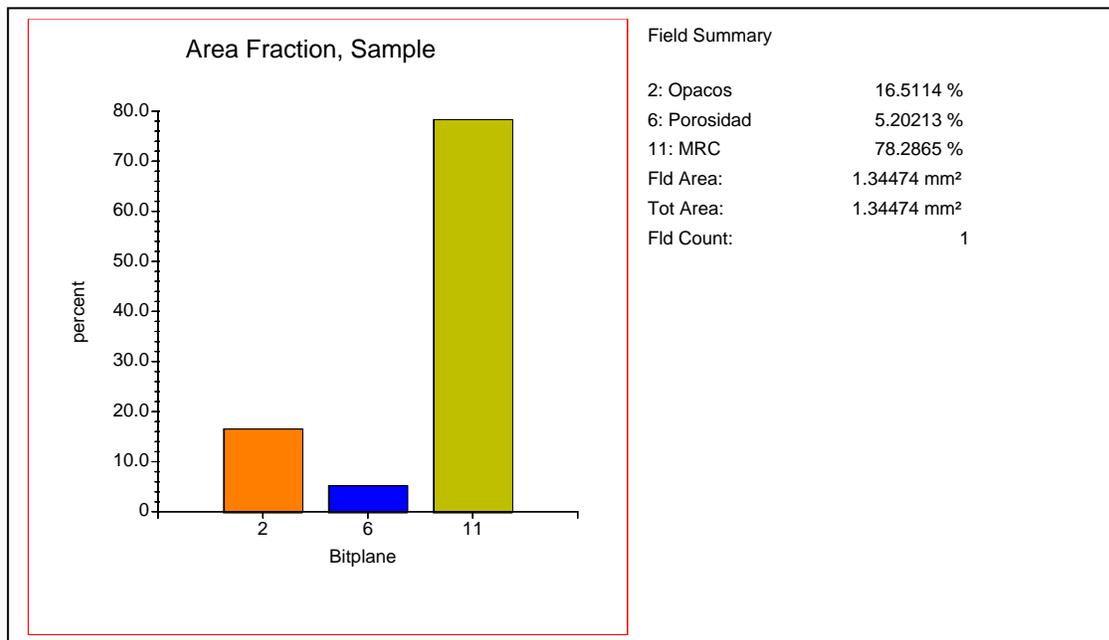


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 124-M

Localidad: Cantera Agua Salada; Tlapala, Guerrero.

Textura: Microcristalina

Evaporitas:

Yeso

Anhidrita

Opacos

Arcilla

Componentes en la matriz:

Anhidrita

Yeso

Procesos diagenéticos:

Cementación

Yeso

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Saturado

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

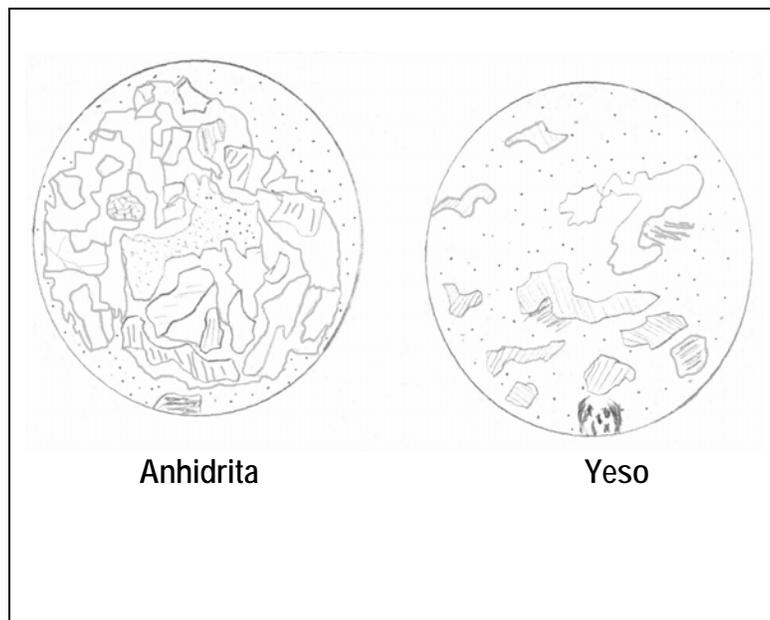
Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta arcilla, yeso en disolución reemplazando a la anhidrita por hidratación.

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de arcilla y yeso recristalizado y no presenta contenido fósil.

Clasificación: Anhidrita y Yeso.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen químico, el yeso se forma a partir de la anhidrita por la hidratación con agua y su composición sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



Esquema de la lámina 124-M

Localidad: Cantera Agua Salada; Tlapala, Guerrero.
 Muestra: Lámina 124-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Yeso, impregnado con resina y azul de metileno

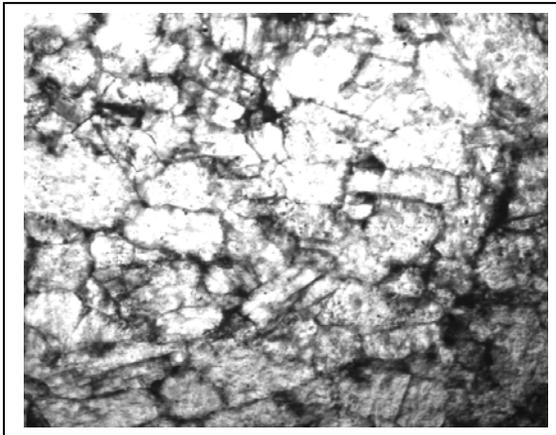


Fig. 1 Imagen en escala de grises

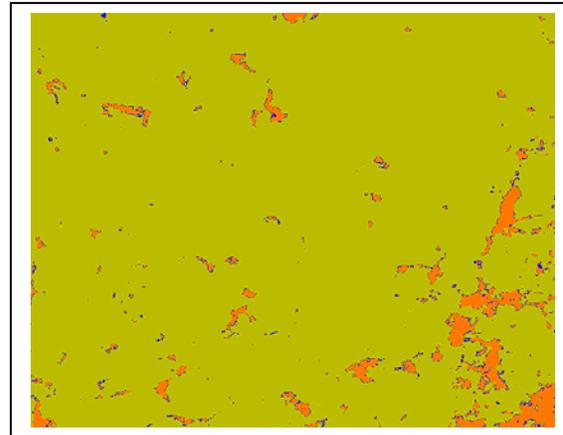
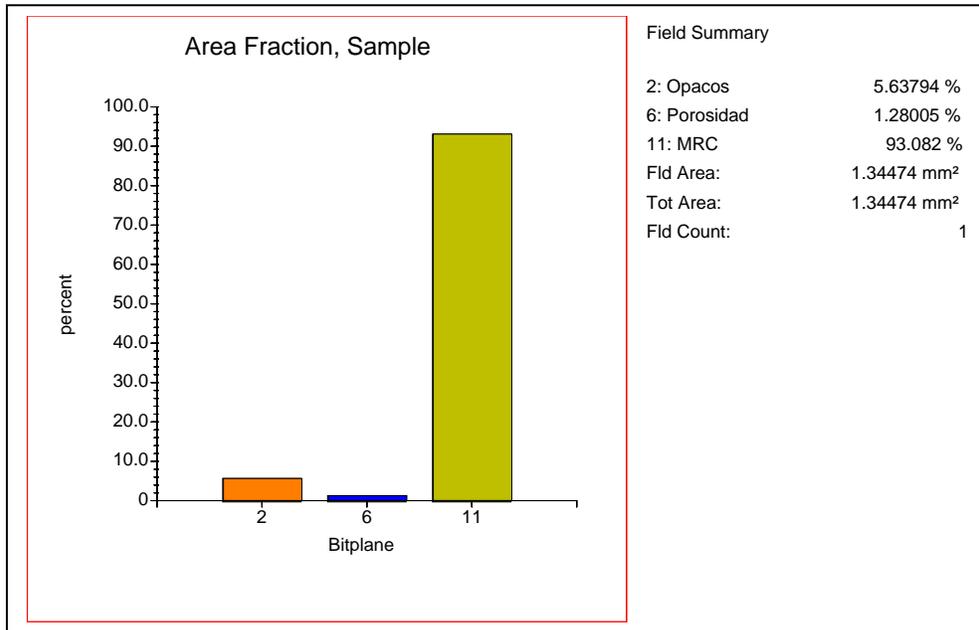


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Localidad: Cantera Agua Salada; Tlapala, Guerrero.
 Muestra: Lámina 124-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Anhidrita, impregnada con resina y azul de metileno

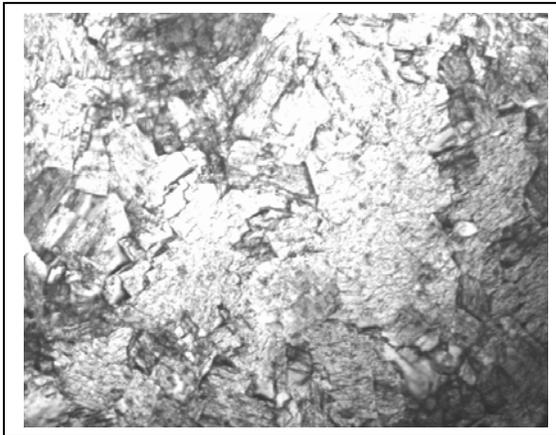


Fig. 1 Imagen en escala de grises

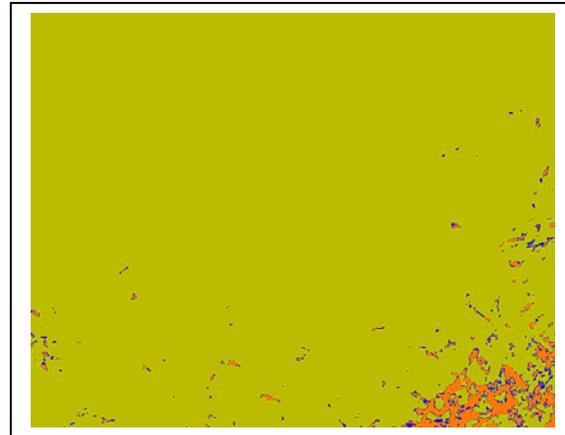
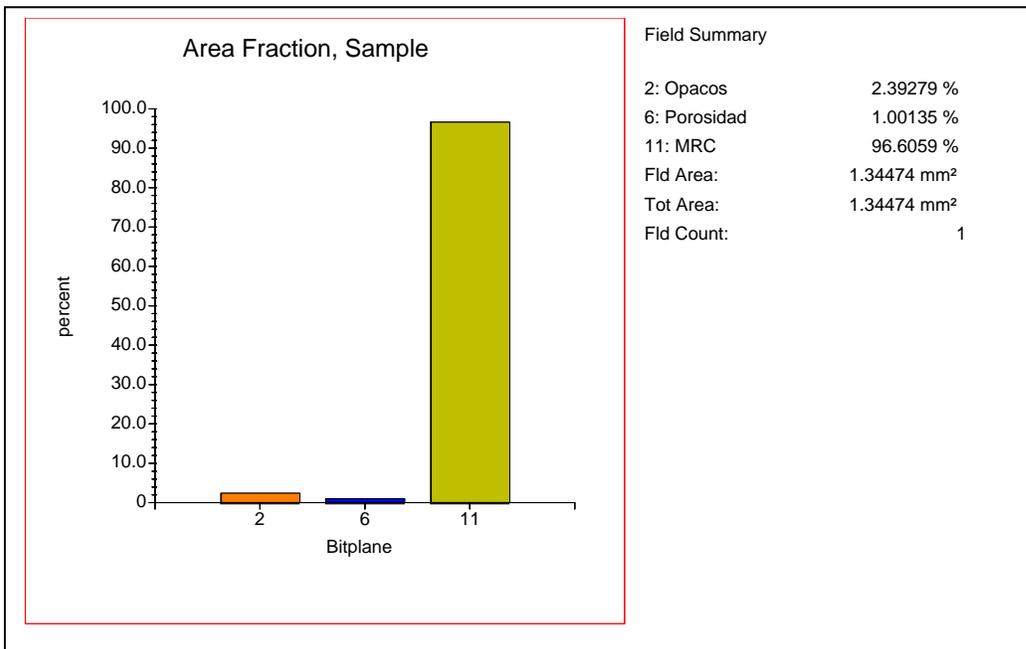


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 119-M

Localidad: Paso Morelos-Huitzucó, Guerrero.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

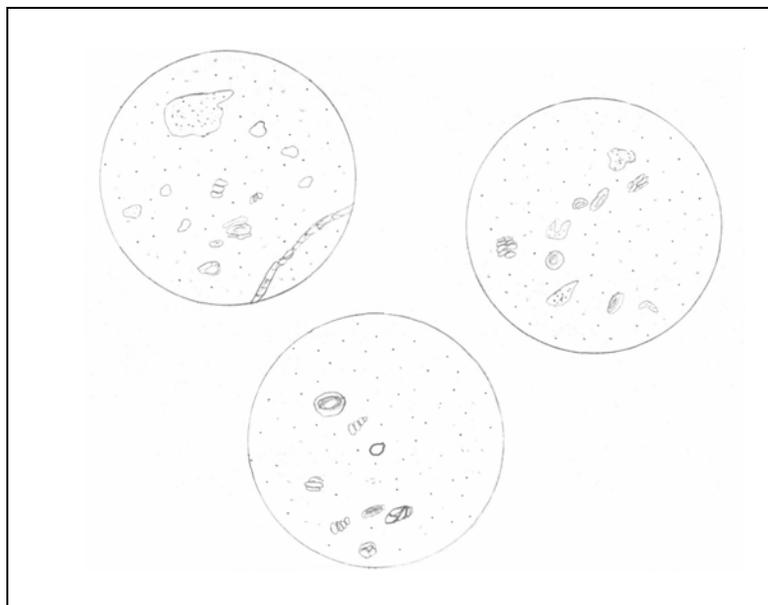
Gasterópodos

Algas calcáreas

Intraclastos

Peletes

Opacos



Esquema de la lámina 119-M

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-

convexo

Tipo de empaque Puntual a tangente

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 119-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

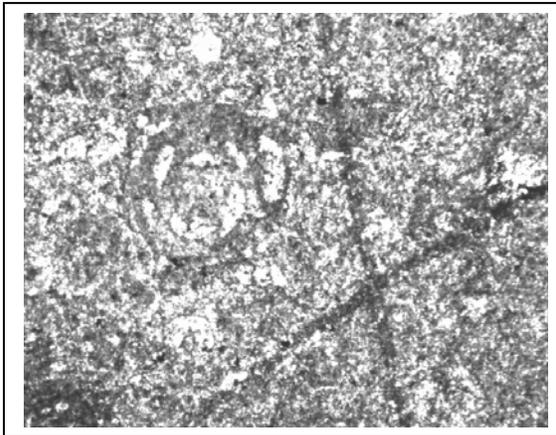


Fig. 1 Imagen en escala de grises

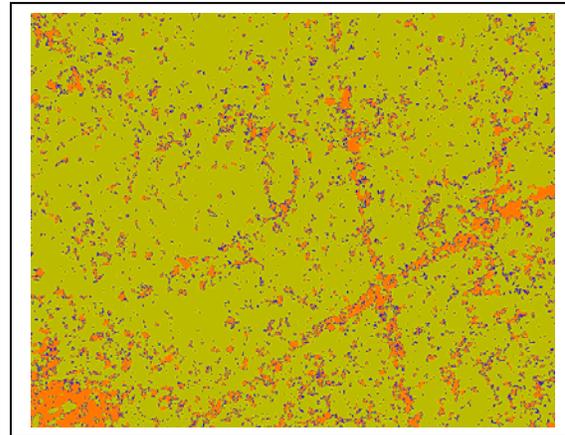
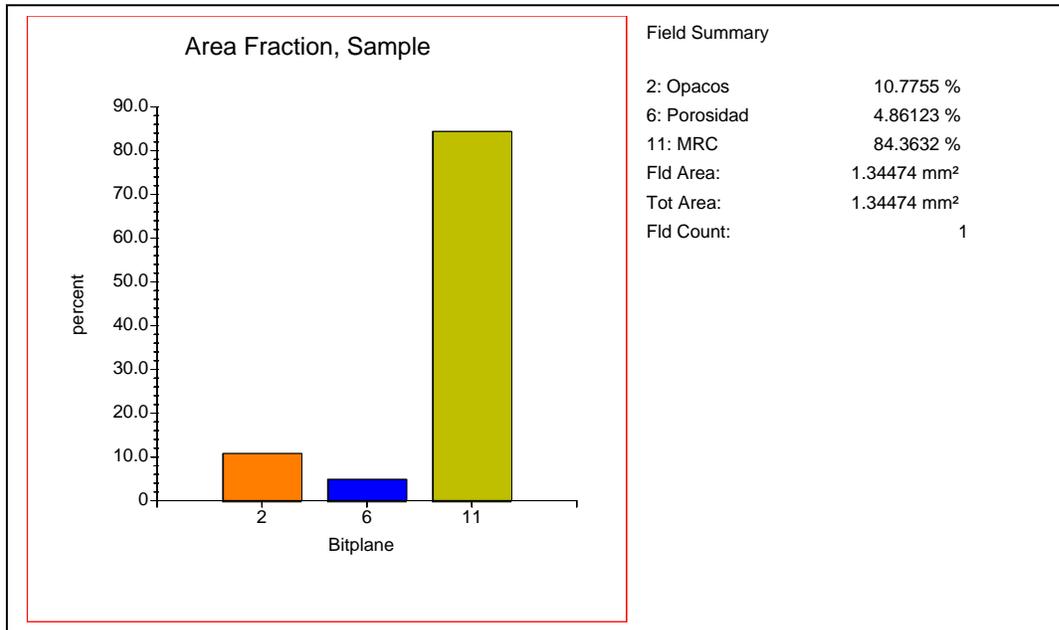


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 119-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

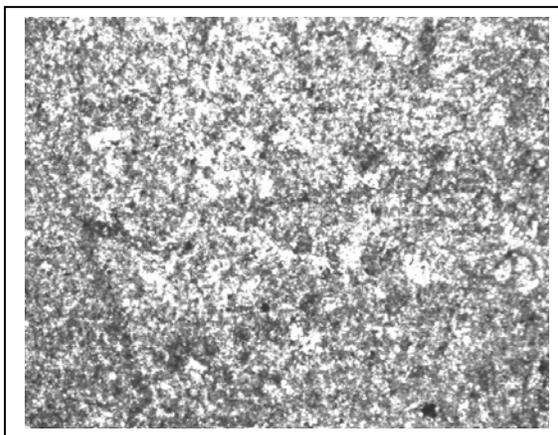


Fig. 1 Imagen en escala de grises

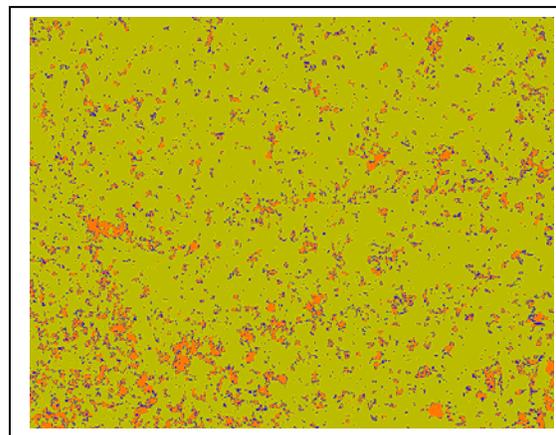
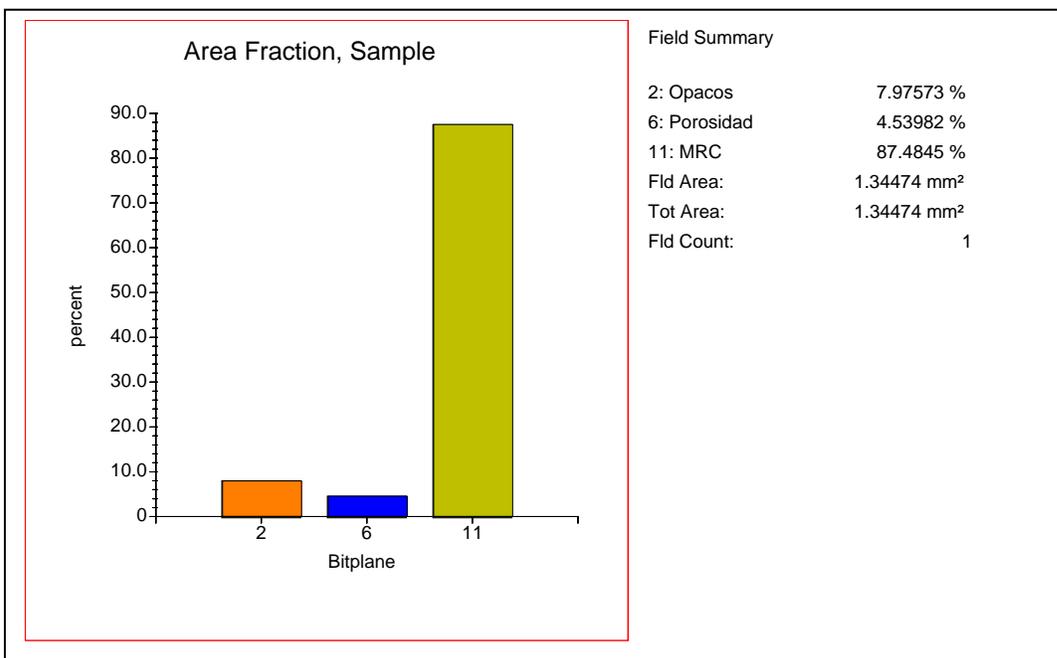


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 120-M

Localidad: Paso Morelos-Huitzucu, Guerrero.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

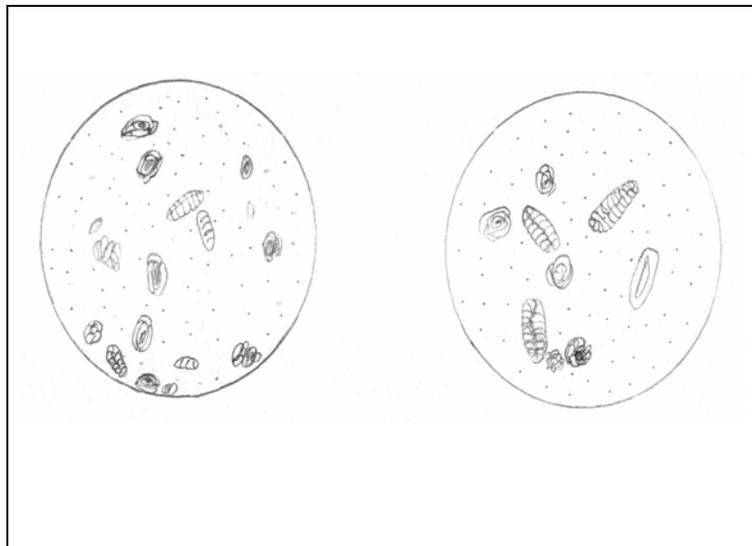
Gasterópodos

Algas calcáreas

Intraclastos

Peletes

Opacos



Esquema de la lámina 120-M

Componentes en la matriz:

Micrita

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-

convexo

Tipo de empaque Puntual a tangente

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 120-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

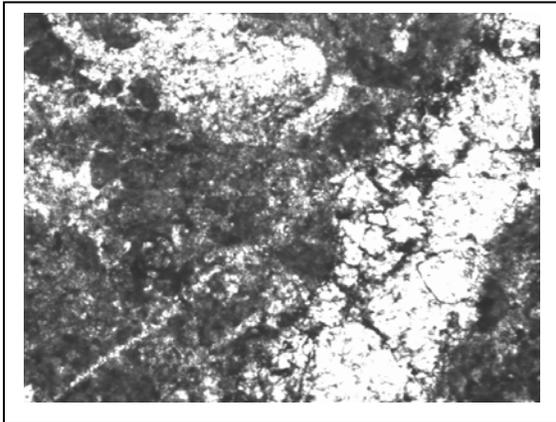


Fig. 1 Imagen en escala de grises

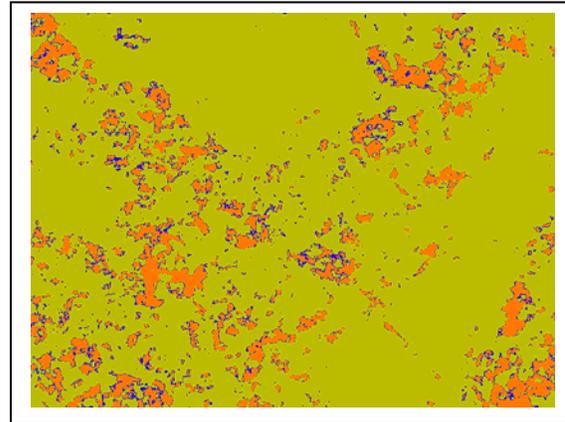
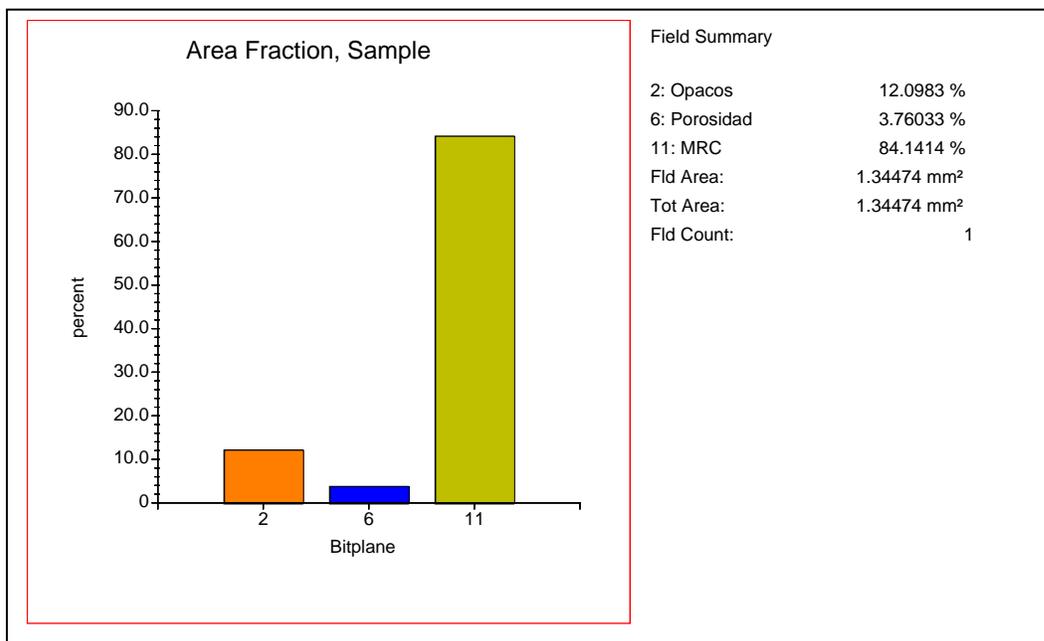


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 120-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

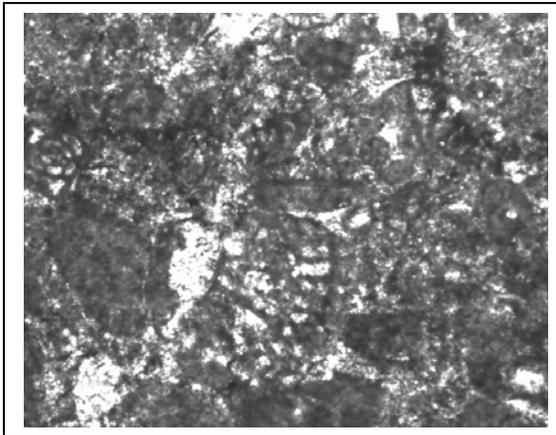


Fig. 1 Imagen en escala de grises

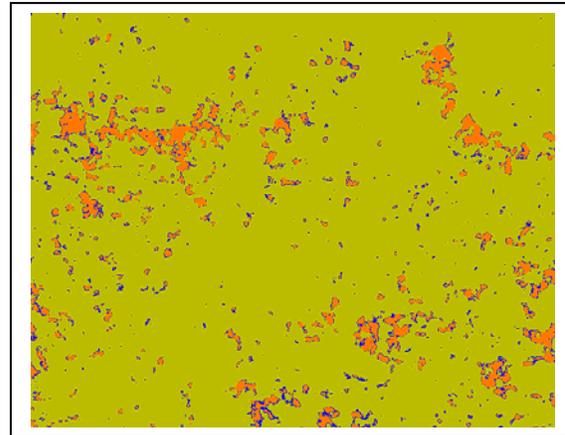
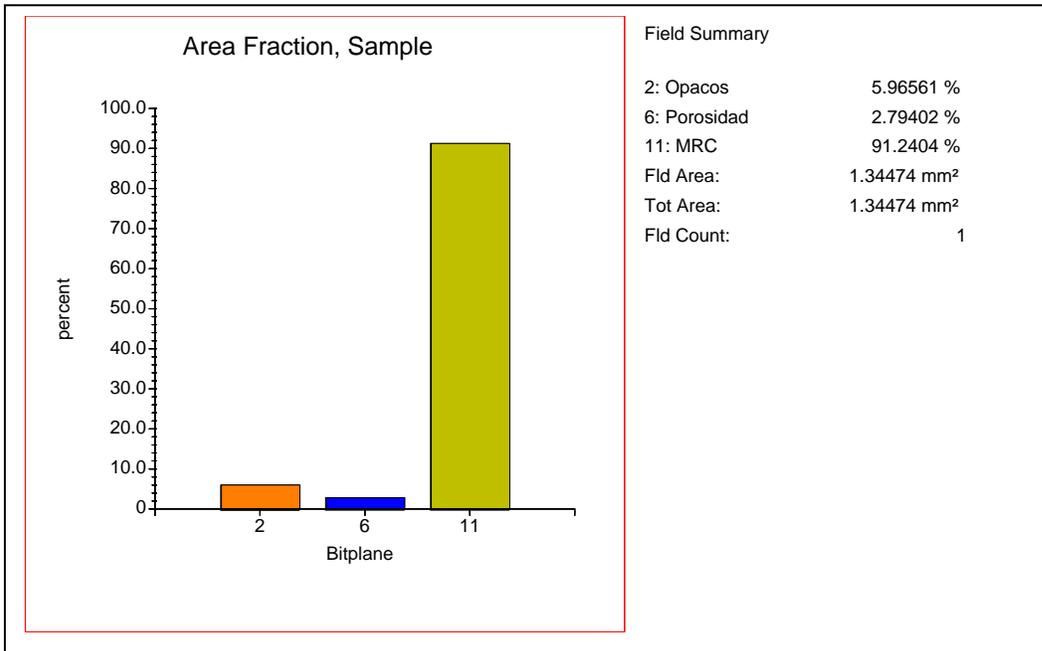


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MCR = Matriz, cementante y roca.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 121-M

Localidad: Paso Morelos-Huitzucó, Guerrero.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

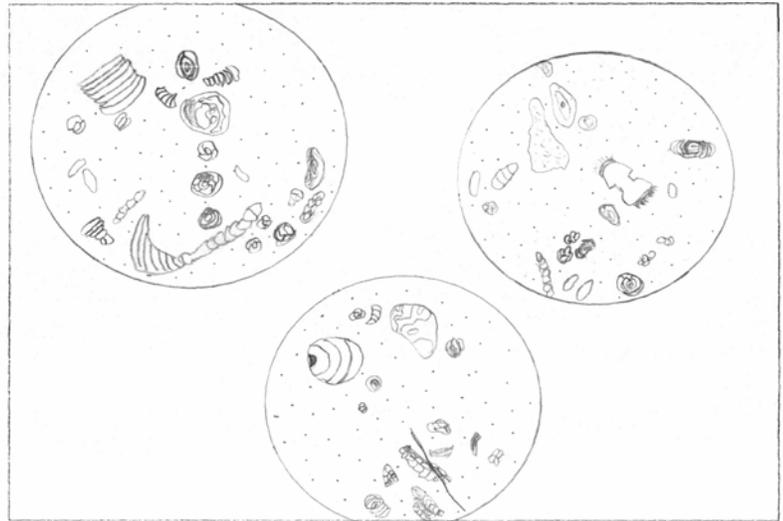
Gasterópodos

Algas calcáreas

Intraclastos

Peletes

Opacos



Esquema de la lámina 121-M

Componentes en la matriz:

Micrita

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Puntual a tangente

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza wackestone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 121-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

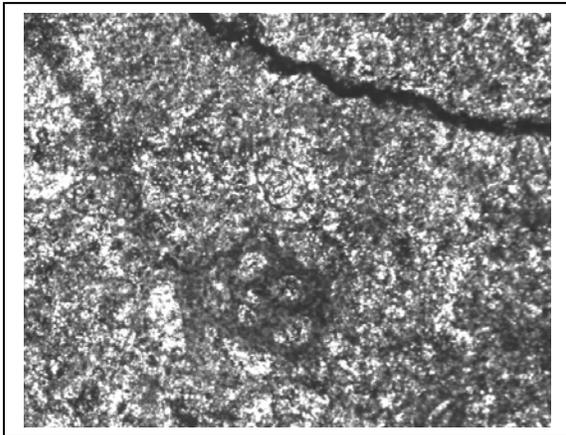


Fig. 1 Imagen en escala de grises

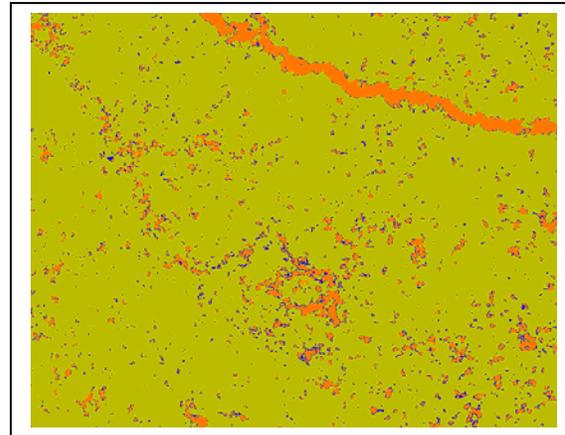
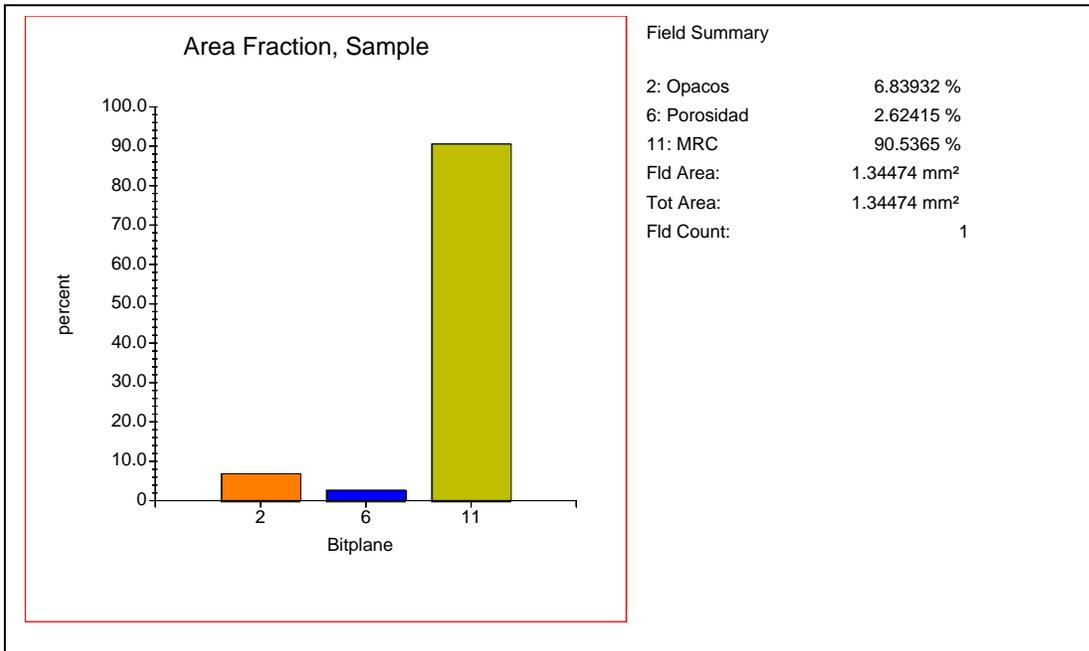


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 121-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

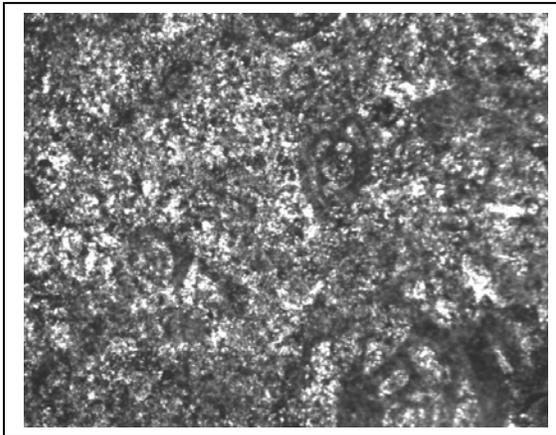


Fig. 1 Imagen en escala de grises

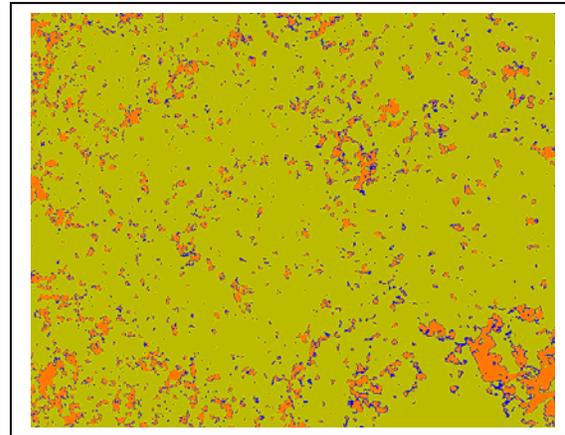
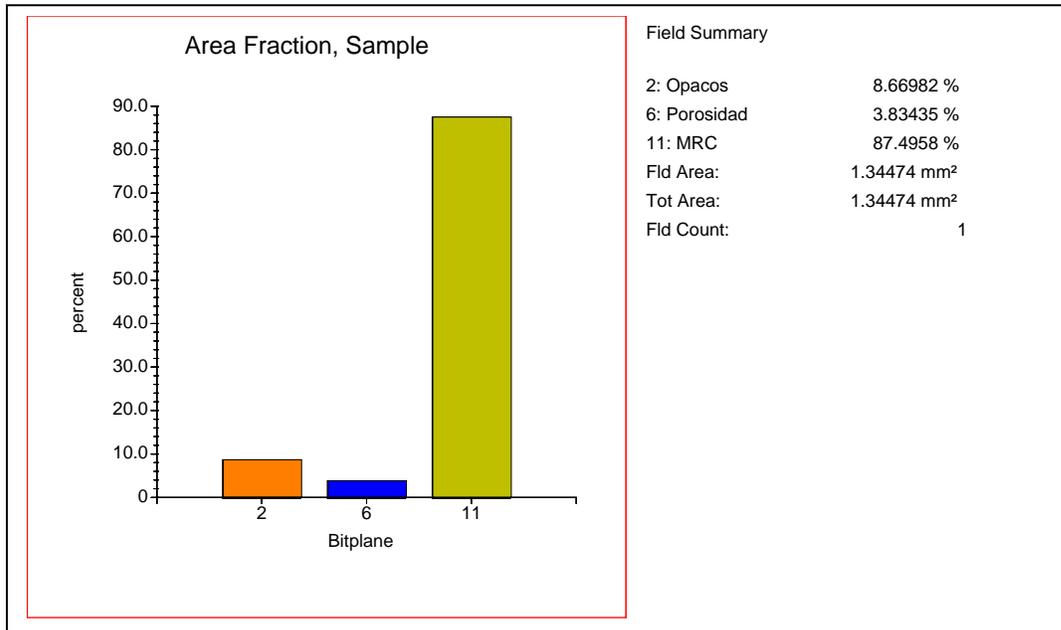


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 122-M

Localidad: Paso Morelos-Huitzucó, Guerrero.

Textura: Micrítica

Granos:

Foraminíferos

Intraclastos

Peletes

Opacos

Componentes en la matriz:

Calacarenita y calcilita

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Puntual

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

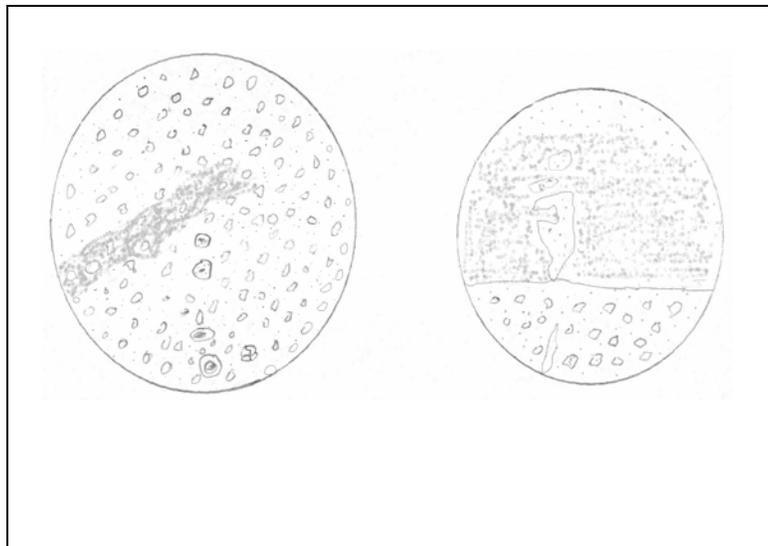
Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta matriz con calcilita y calacarenita en forma de esferas o grumos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando fósiles con algunos intraclastos de micrita.

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y restos de contenido fósil.

Clasificación: Caliza wackestone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).



Esquema de la lámina 122-M

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 122-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

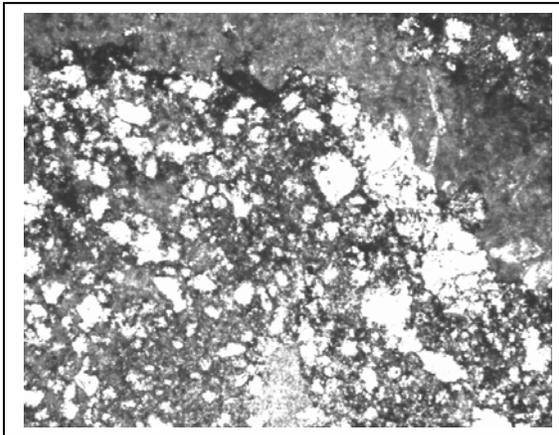


Fig. 1 Imagen en escala de grises

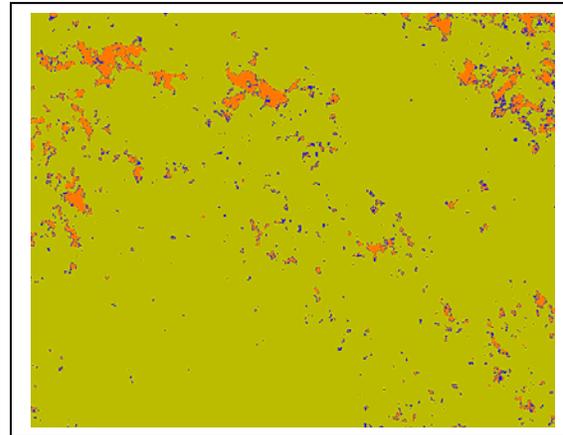
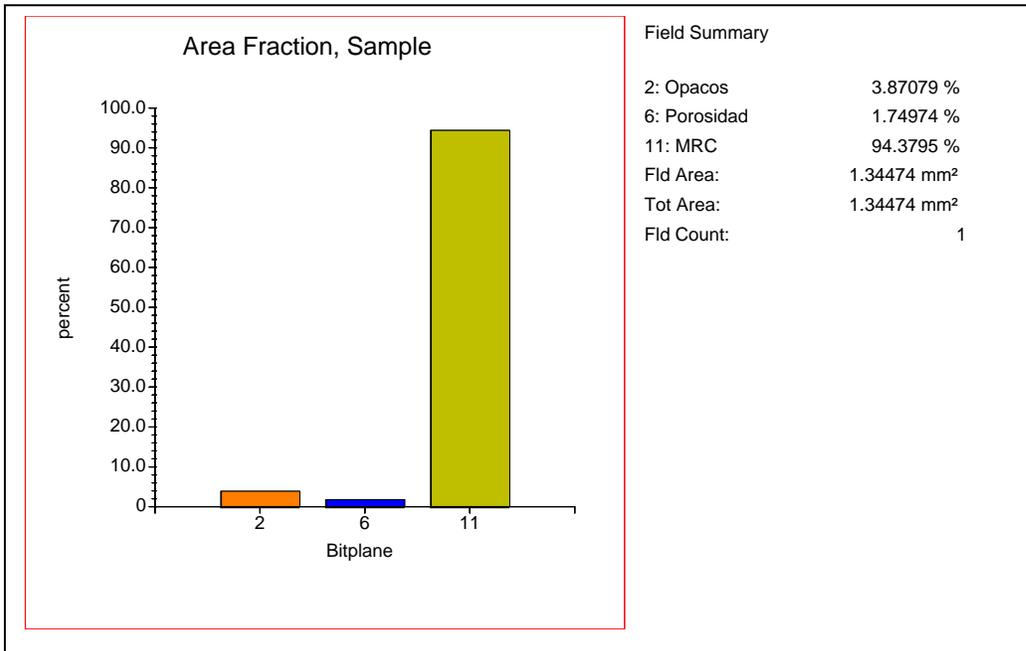


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 122-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

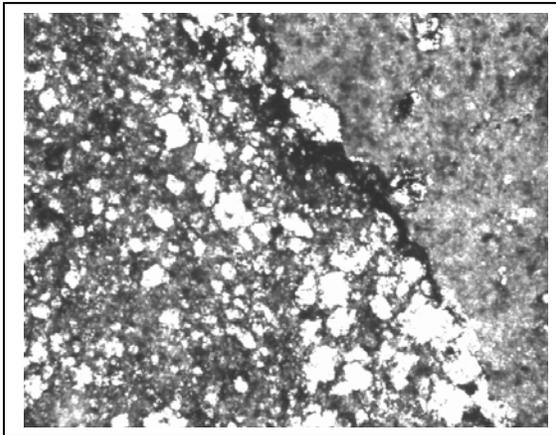


Fig. 1 Imagen en escala de grises

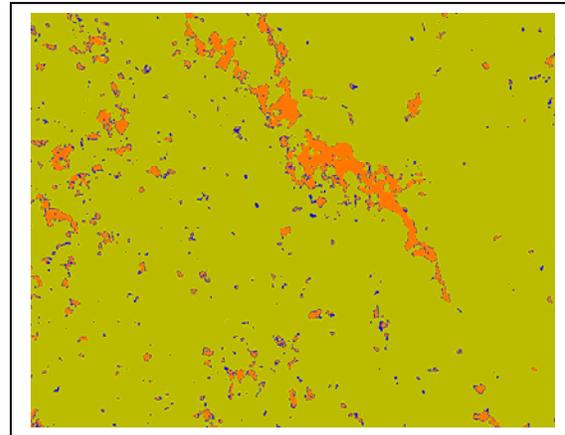
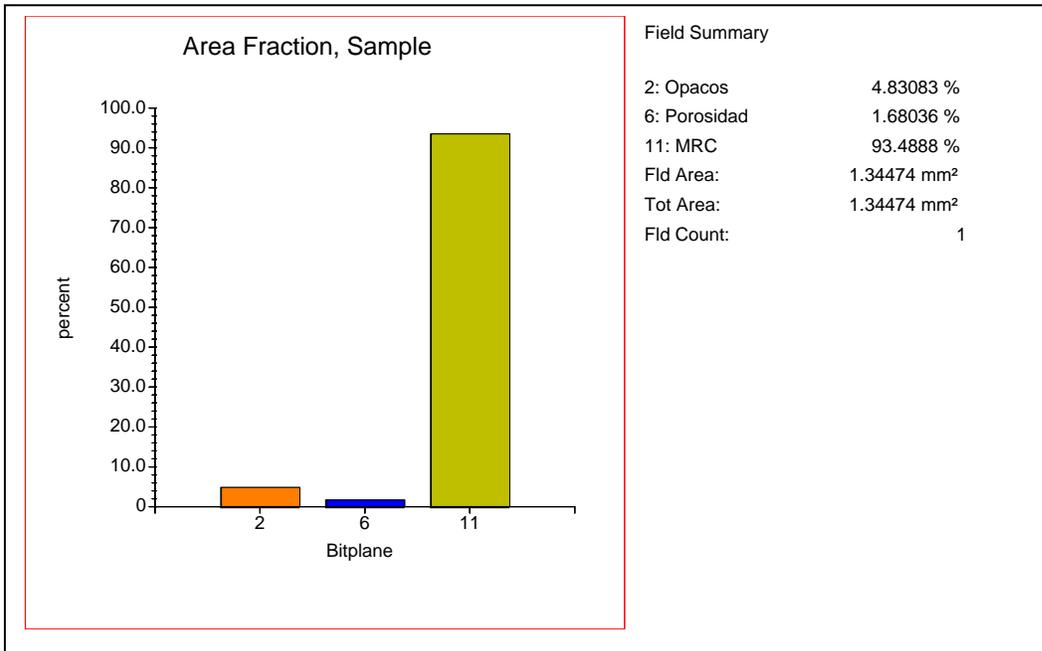


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 123-M

Localidad: Paso Morelos-Huitzucó, Guerrero.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

Gasterópodos

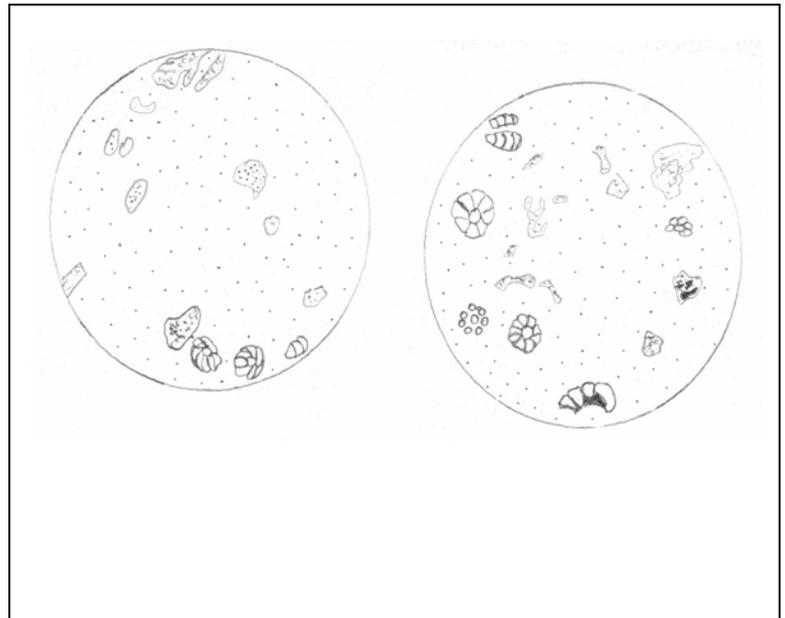
Intraclastos

Peletes

Opacos

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla



Esquema de la lámina 123-M

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-

convexo

Tipo de empaque Tangente a completo

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 123-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

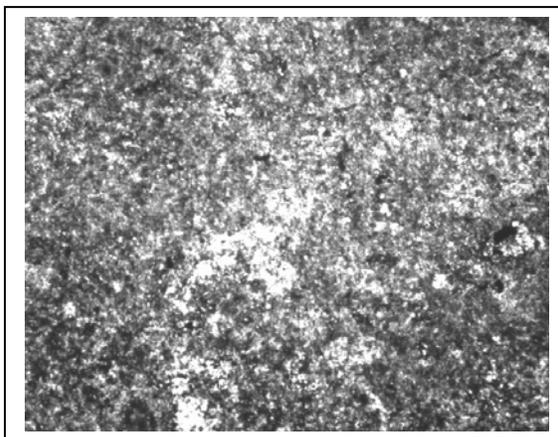


Fig. 1 Imagen en escala de grises

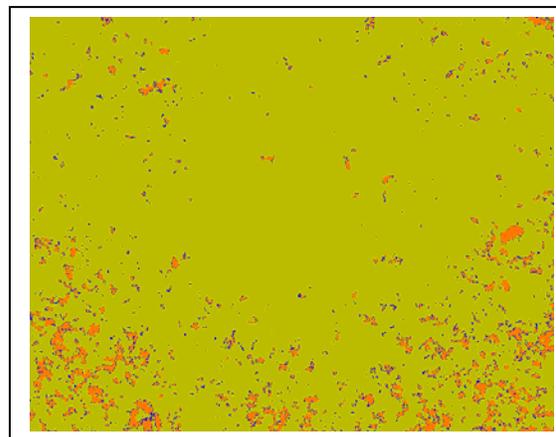
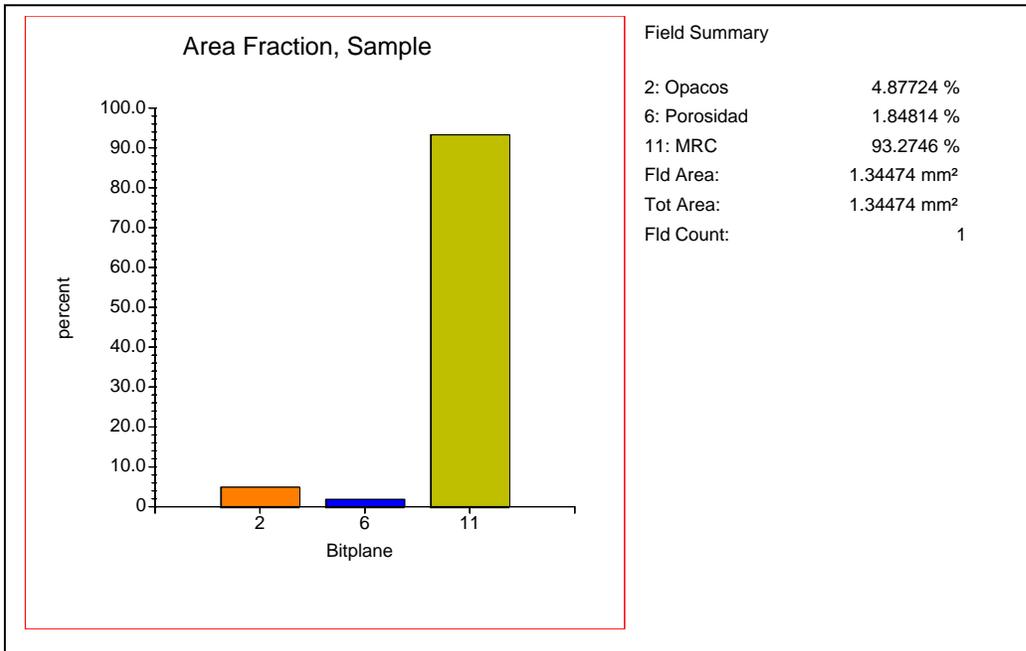


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: Paso Morelos–Huitzucu, Guerrero.
 Muestra: Lámina 123-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

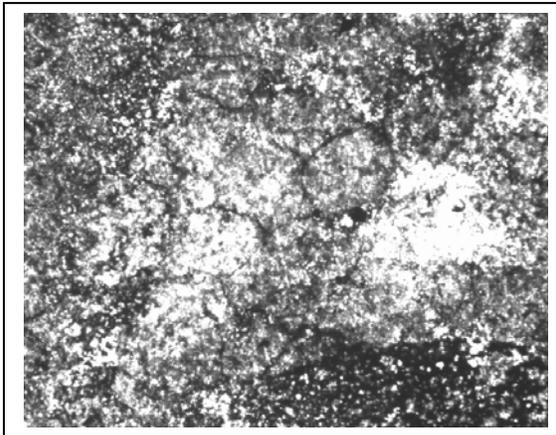


Fig. 1 Imagen en escala de grises

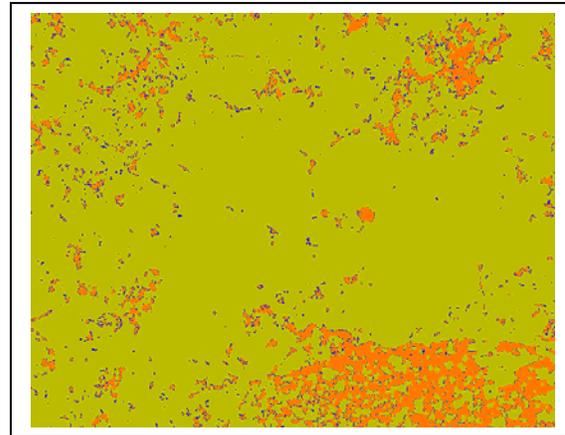
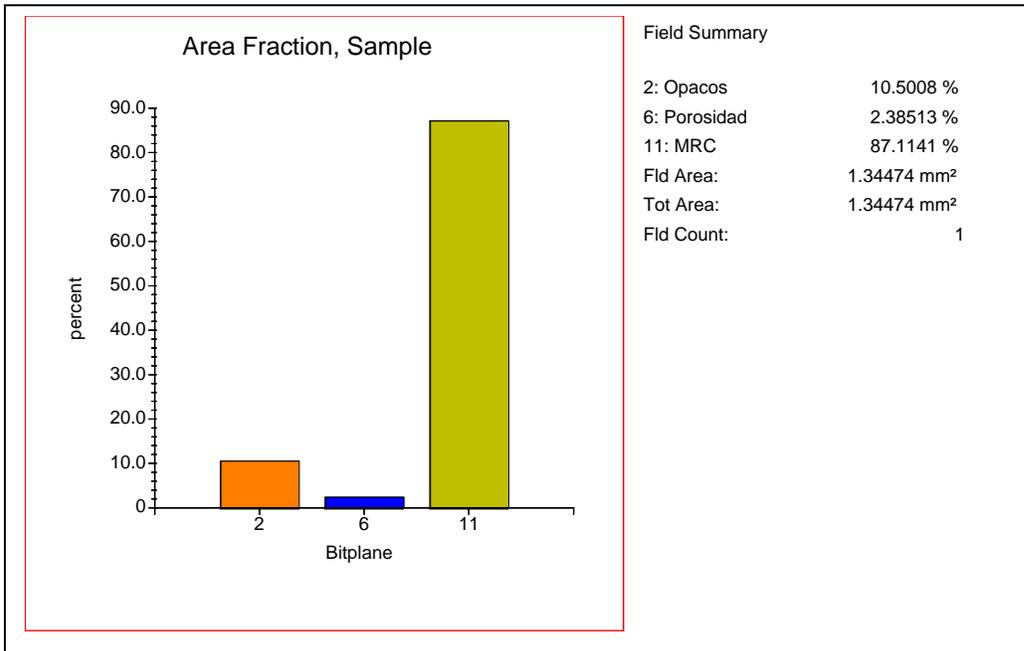


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Láminas 110-M y 111-M.

Localidad: cerro de las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.

Textura: Micrítica y Moidica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

Gasterópodos

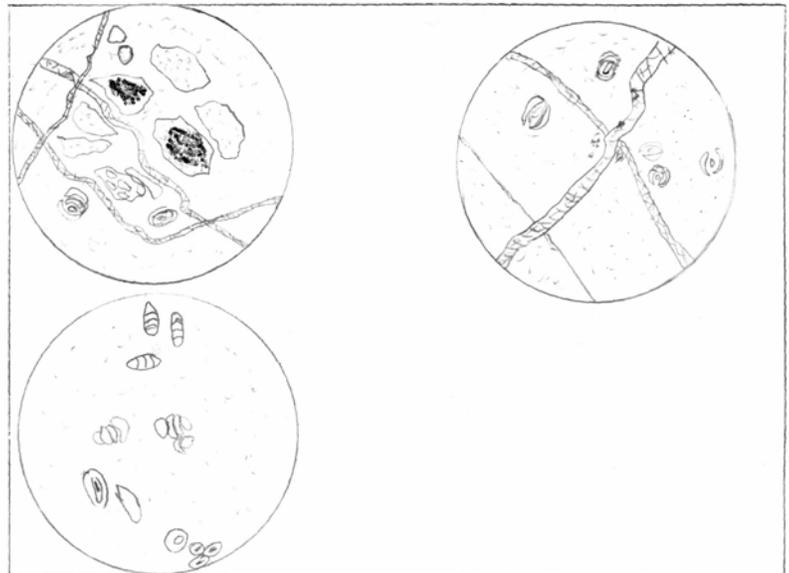
Algas calcáreas

Intraclastos

Opacos

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla



Esquema de las láminas 110-M y 111-M

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Tangente

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza wackestone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 110-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

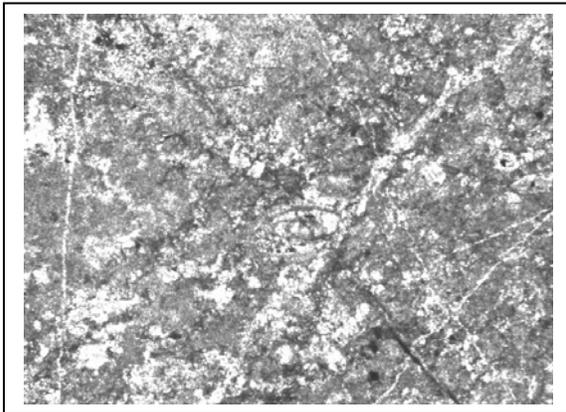


Fig. 1 Imagen en escala de grises

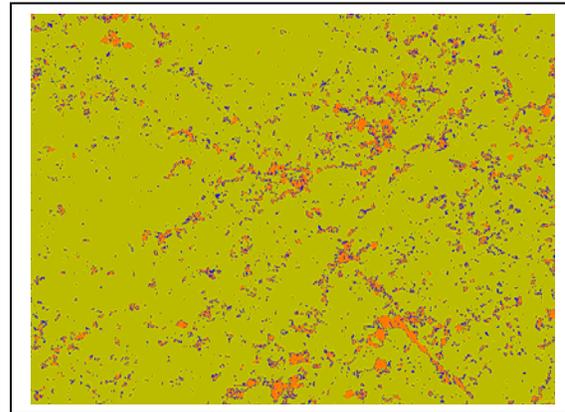
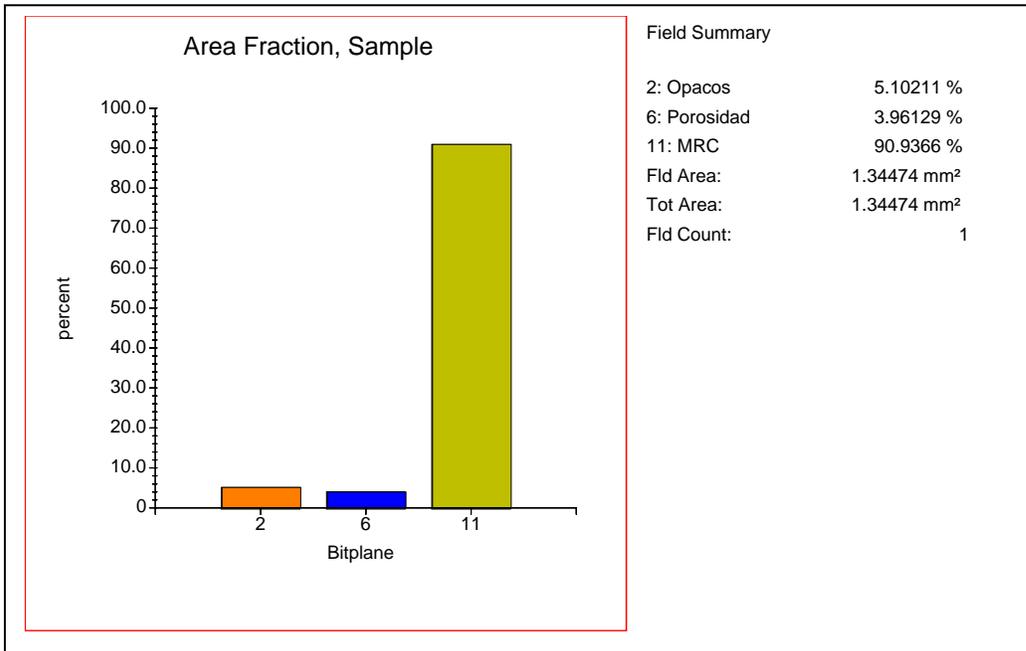


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 111-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza wackestone, impregnada con resina y azul de metileno

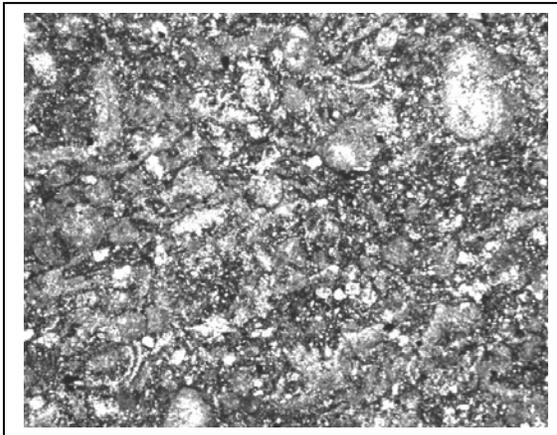


Fig. 1 Imagen en escala de grises

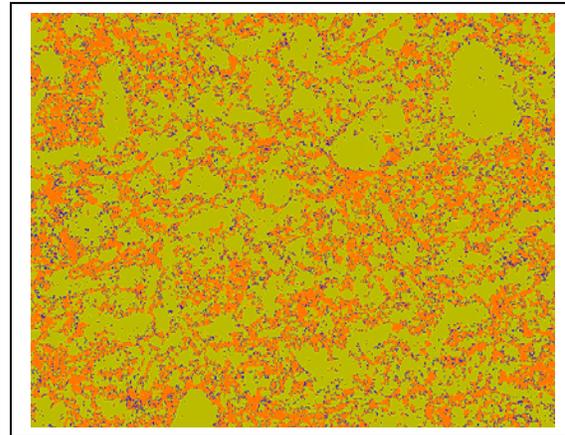
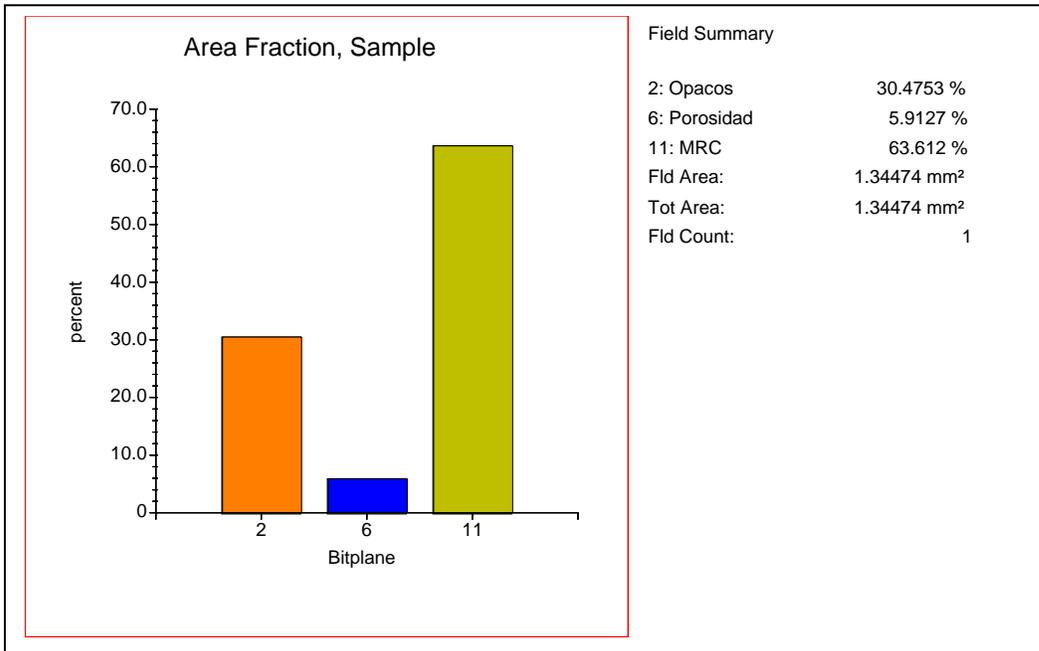


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 114-M.

Localidad: cerro de las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.

Textura: Micrítica y Mordica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

Calciesferúlidos

Gasterópodos

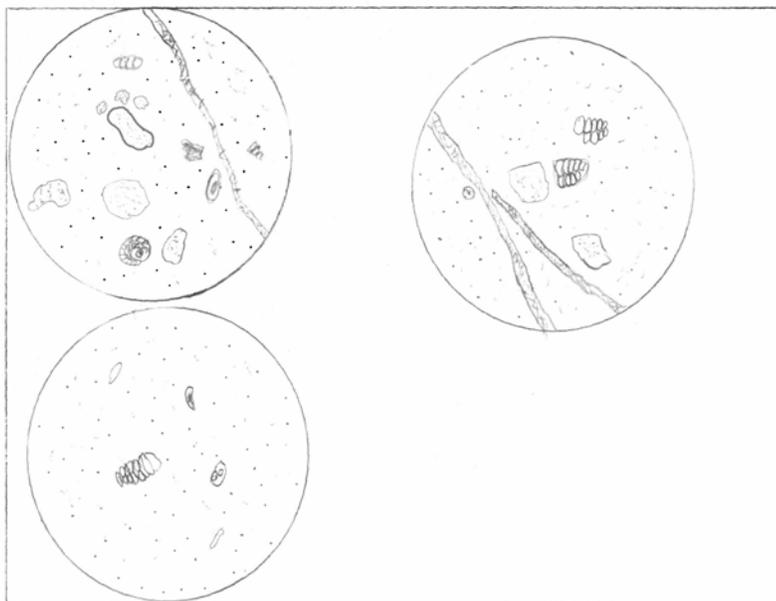
Algas calcáreas

Intraclastos

Opacos

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla



Esquema de la lámina 114-M

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Tangente

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 114-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

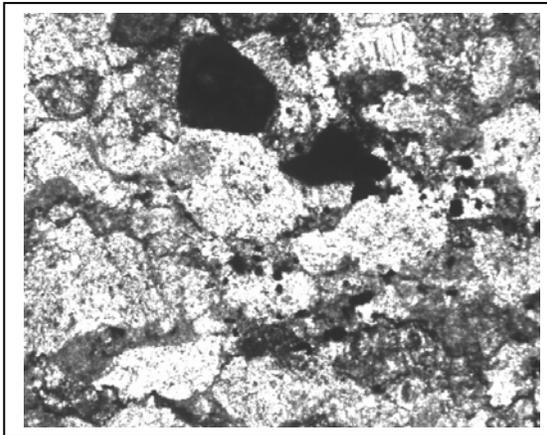


Fig. 1 Imagen en escala de grises

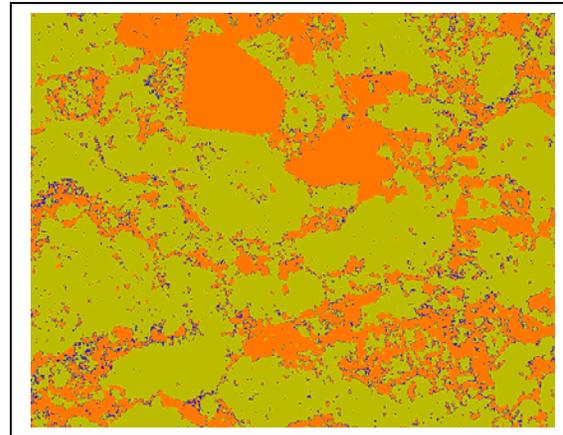
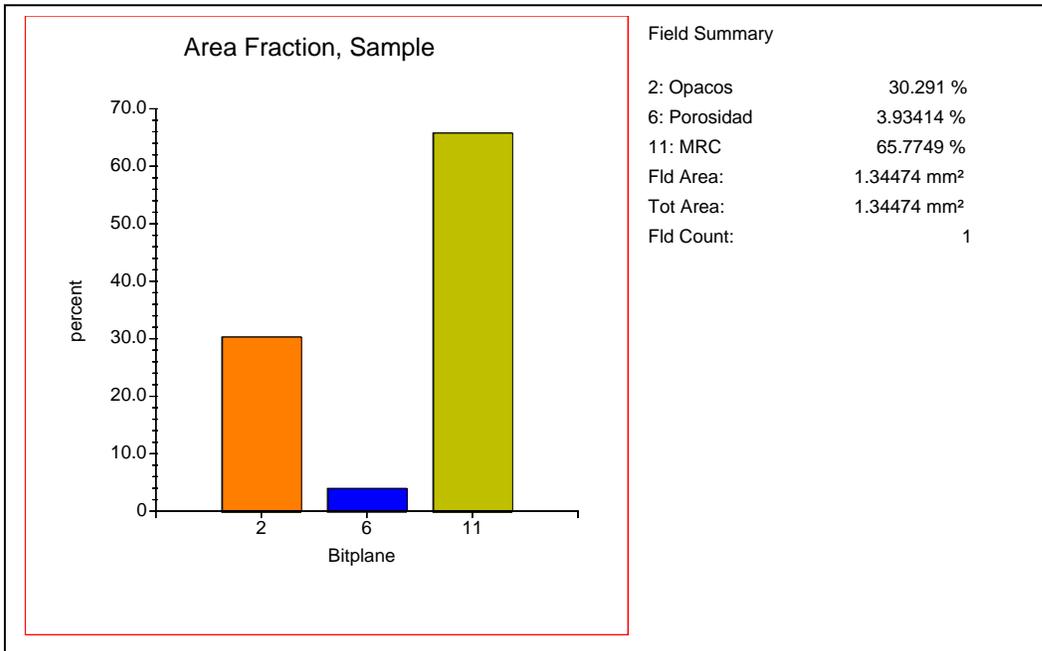


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 114-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

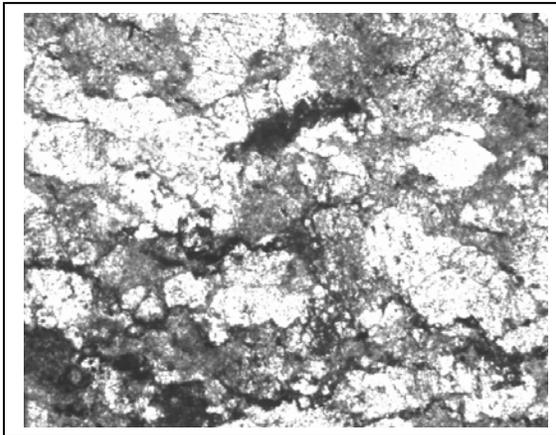


Fig. 1 Imagen en escala de grises

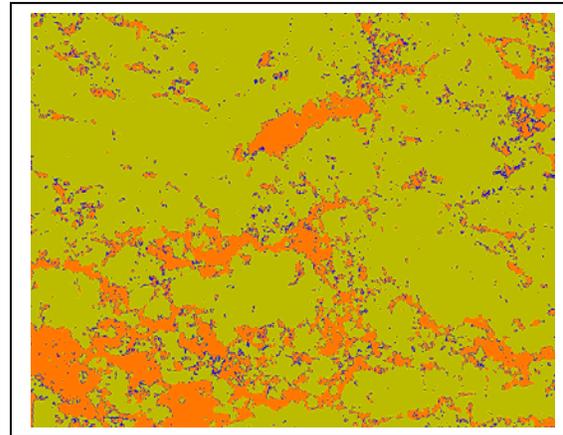
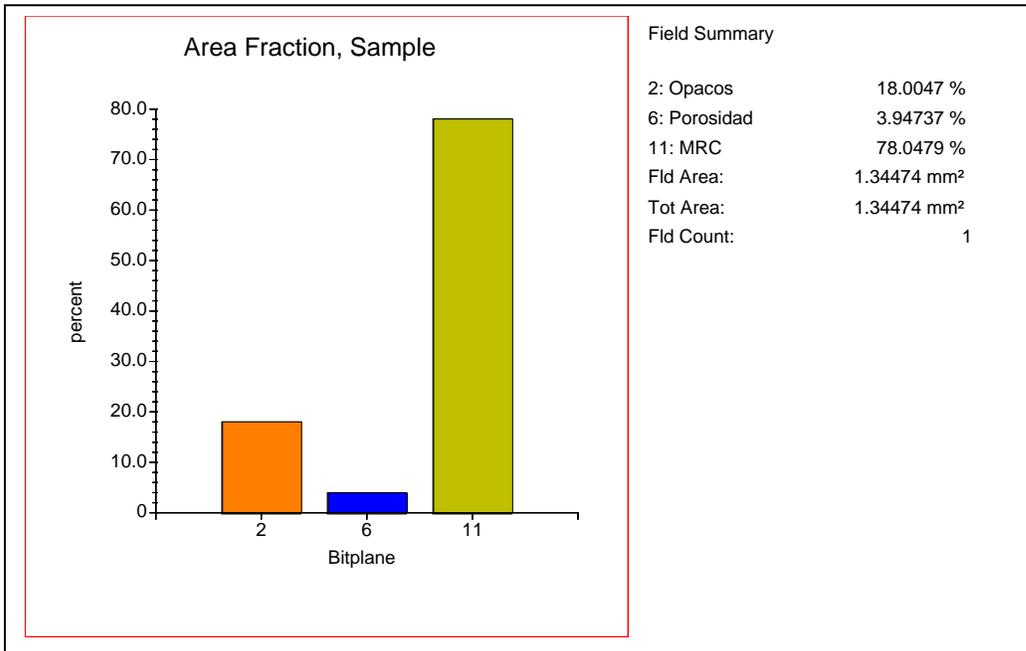


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Láminas 115-M y 116-M.

Localidad: cerro de las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

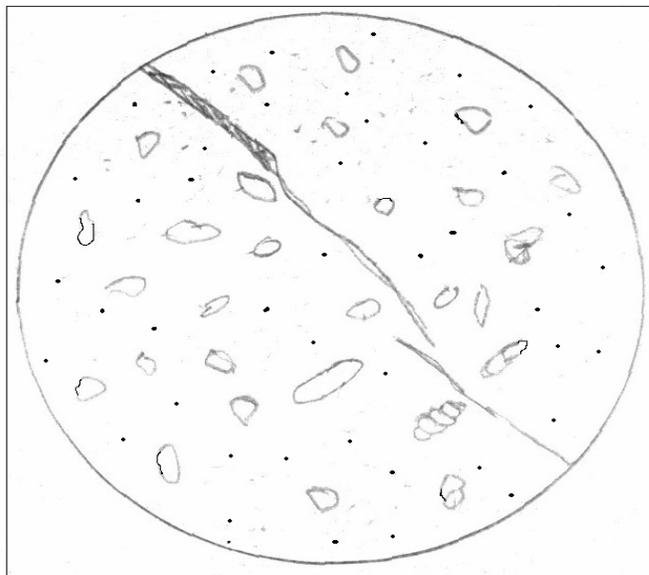
Calciesferúlidos

Gasterópodos

Intraclastos

Peletes

Opacos



Esquema de las láminas 115-M y 116-M

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Tangente

Porosidad:

Primaria Intracristalino e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica peloidal.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 115-a y 116-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

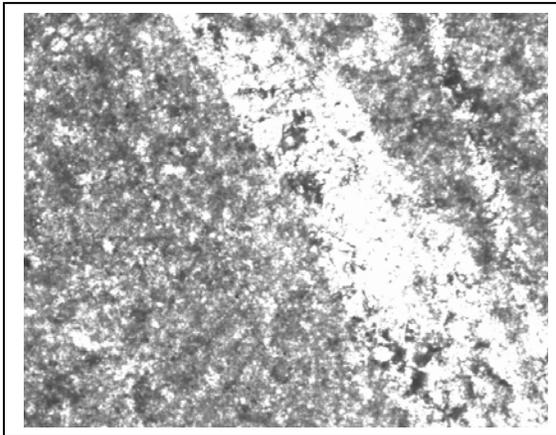


Fig. 1 Imagen en escala de grises

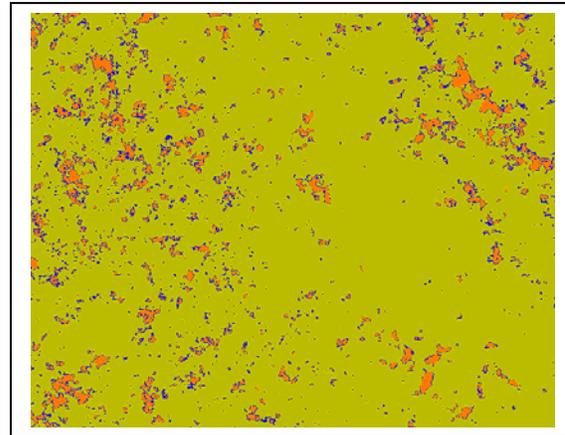
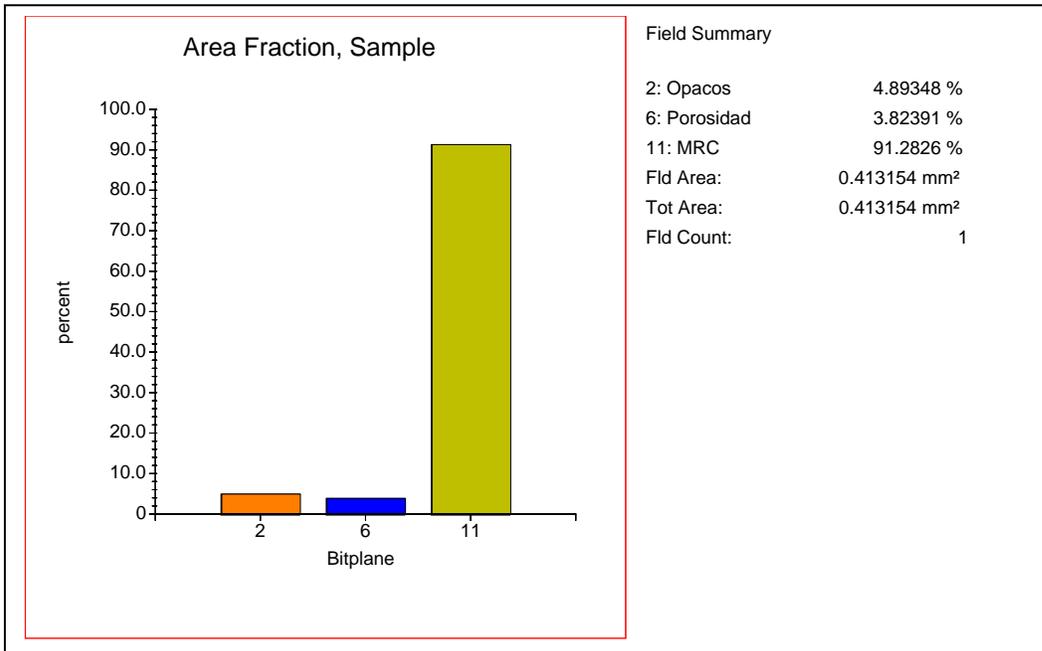


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +- 0.5% en la porosidad.

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 115-b y 116-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

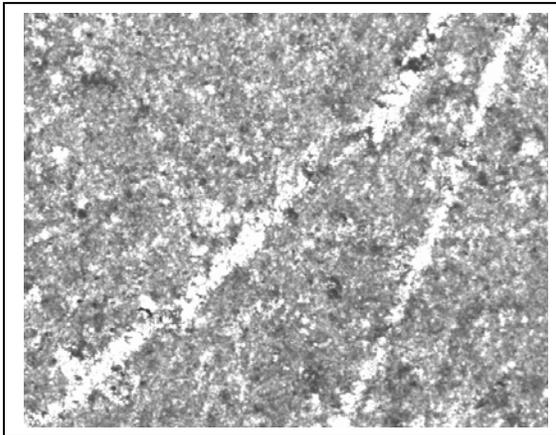


Fig. 1 Imagen en escala de grises

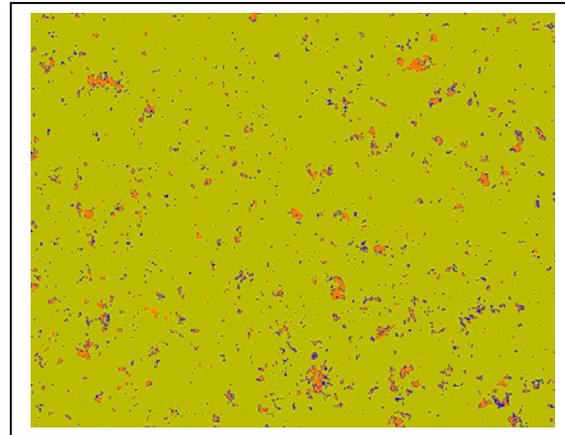
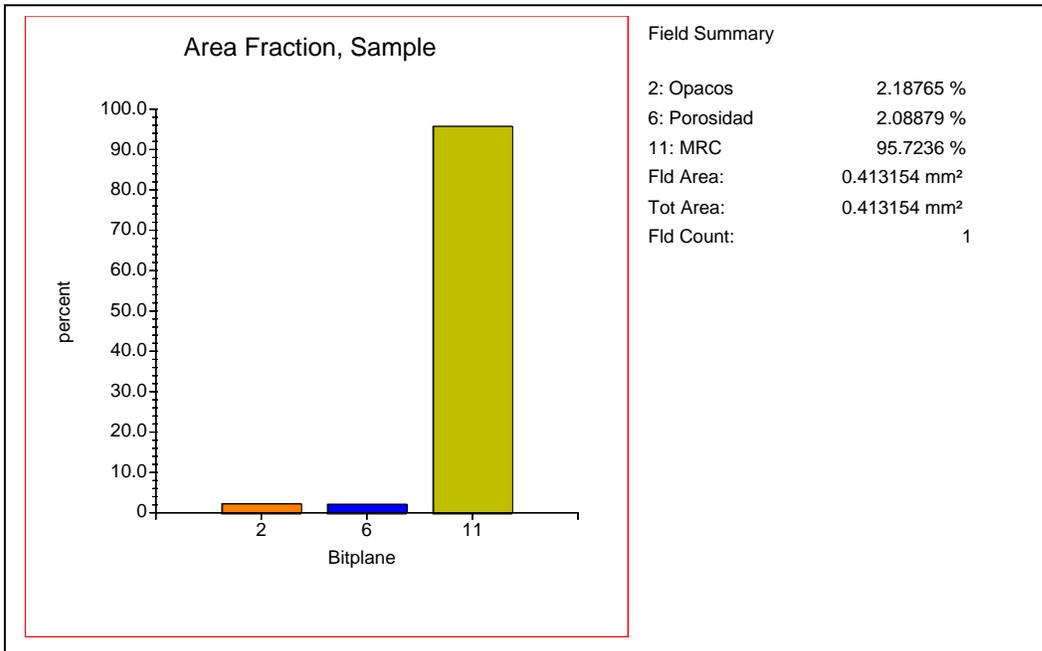


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 117-M

Localidad: cerro de las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.

Textura: Micrítica

Granos:

Bioclastos

Miliólidos

Rudistas

Foraminíferos

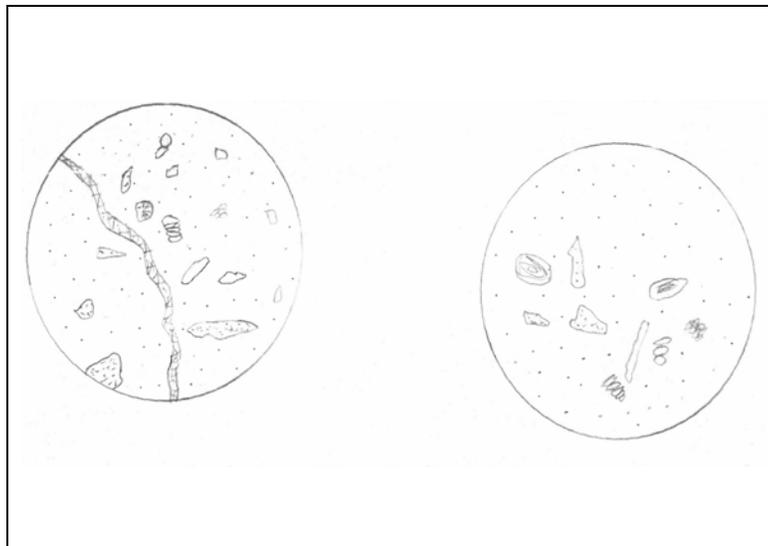
Calciesferúlidos

Gasterópodos

Intraclastos

Peletes

Opacos



Esquema de la lámina 117-M

Componentes en la matriz:

Micrita con arcilla

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-

convexo

Tipo de empaque Saturado

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución y reemplazando contenido fósil (peletes).

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada y contenido fósil abundante.

Clasificación: Caliza packstone bioclástica.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura no clástica, de origen bioquímico, principalmente por sedimentos biogénicos y su composición carbonato de calcio (CaCO₃).

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 117-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

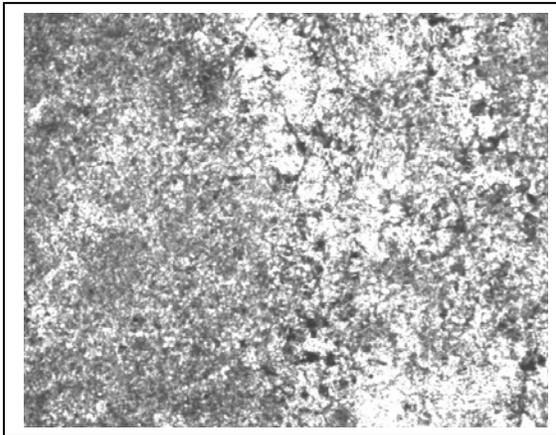


Fig. 1 Imagen en escala de grises

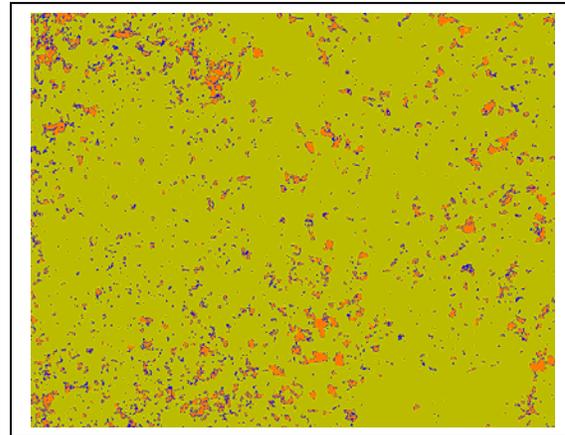
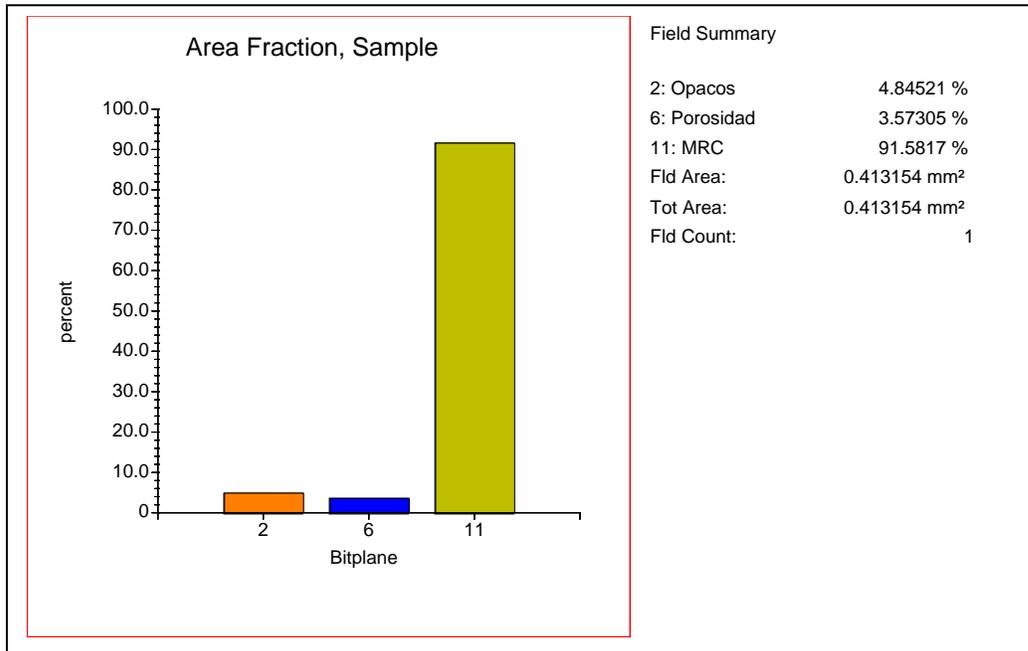


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: cerro de Las Piedras Preciosas, Jiutepec, Morelos.
 Muestra: Lámina 117-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Caliza packstone, impregnada con resina y azul de metileno

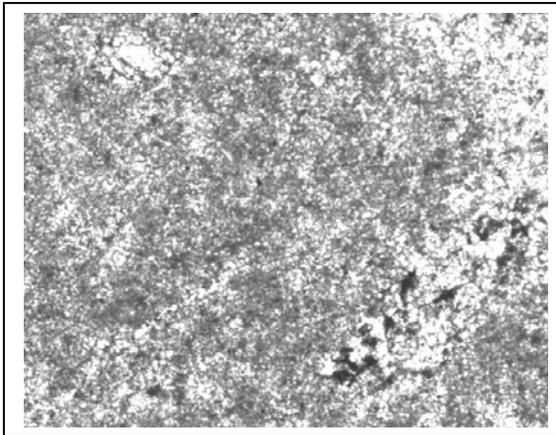


Fig. 1 Imagen en escala de grises

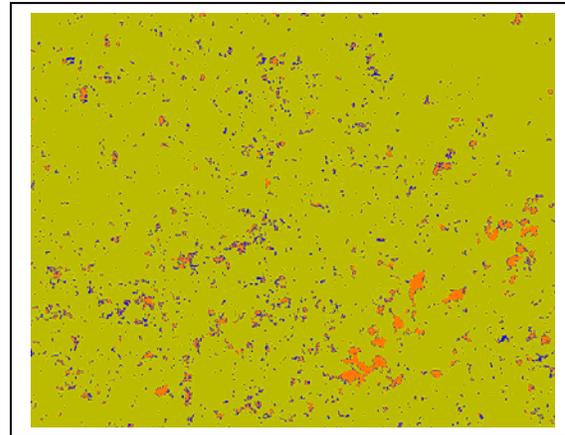
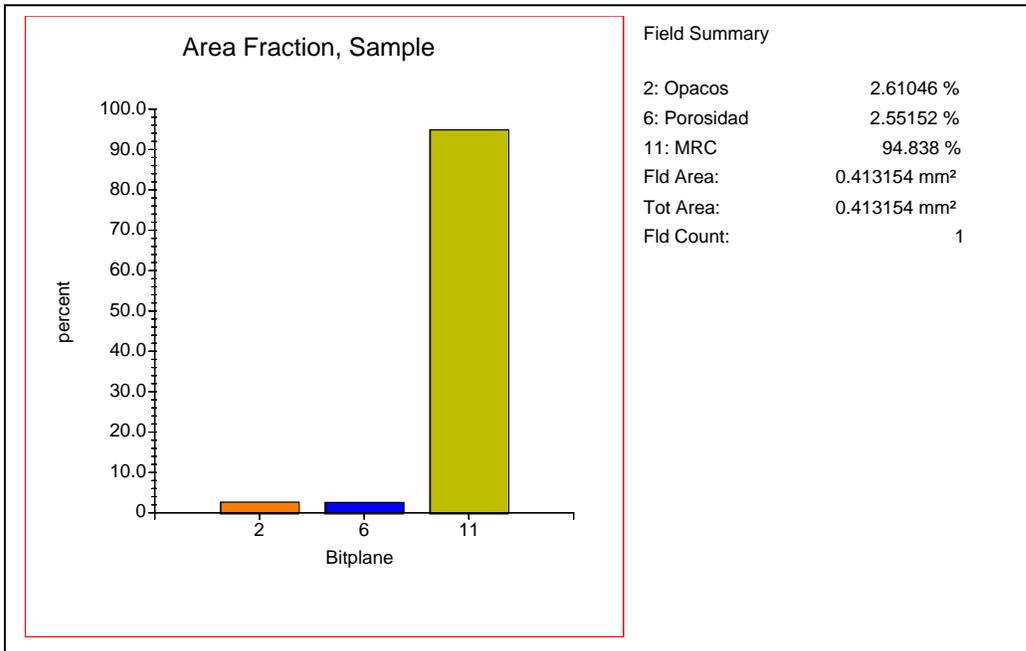


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 125-M

Localidad: Xalitla, carretera federal Iguala-Chilpancingo Km 162.

Textura: Relícta

Tamaño promedio Fino, Selección Regular

Forma Granular, Redondez Subangulosa

Mineralogía clástica

Cuarzo

Feldespato potásico

Plagioclasas

Carbonatos

Minerales pesados

(minerales ferríferos)

Minerales opacos

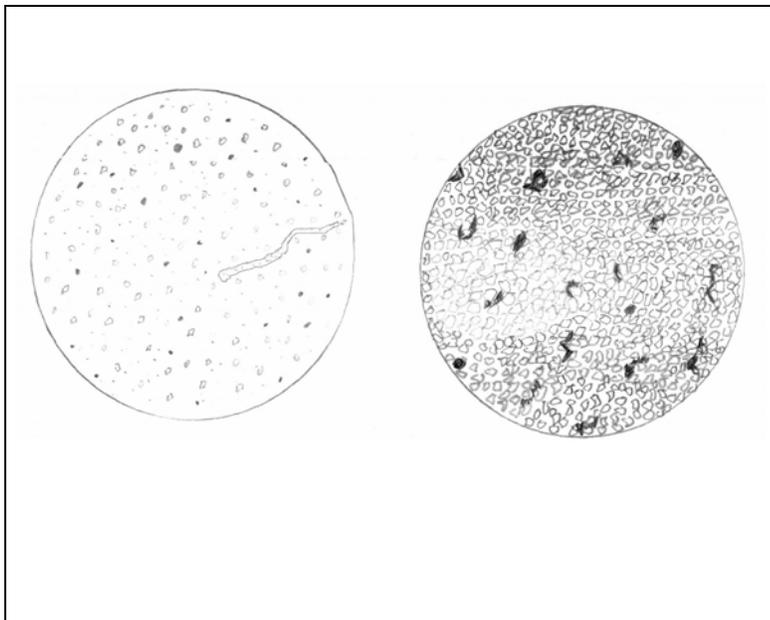
Otros Arcilla

Matriz

Componentes en la matriz:

Calcáreo arcillosa

Micrita



Esquema de la lámina 125-M

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Completo

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

Secundaria Fracturas y de canal

Otros procesos diagenéticos: Presenta micrita en intraclastos, ortoespatita y pseudoespatita en disolución rellenando fracturas.

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada, clorita, hematina y cercita como alteración de los feldespatos potásicos.

Clasificación: Lutita y limolita calcárea.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura clástica, de origen detrítico y formadas por sedimentos limosos y arcillosos.

Localidad: Xalitla, carretera federal Iguala–Chilpancingo Km 162.
 Muestra: Lámina 125-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Lutita calcárea, impregnada con resina y azul de metileno

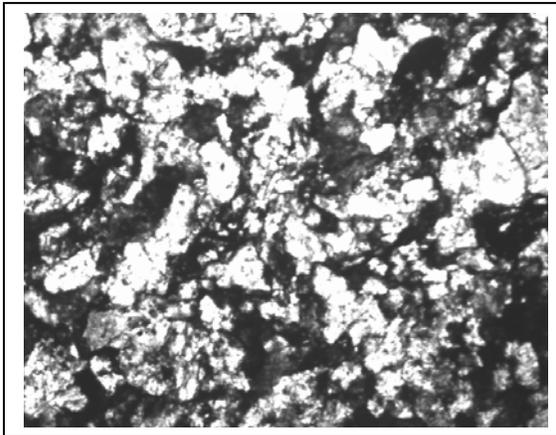


Fig. 1 Imagen en escala de grises

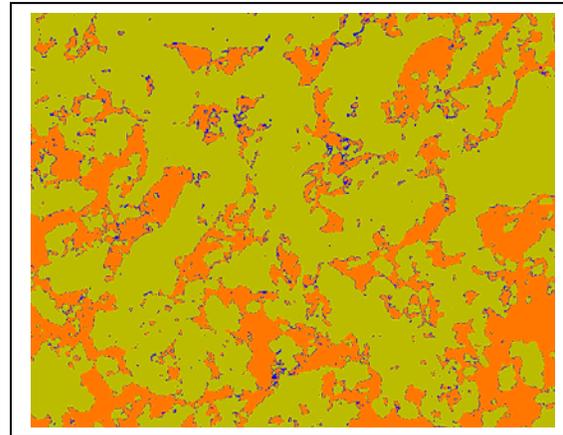
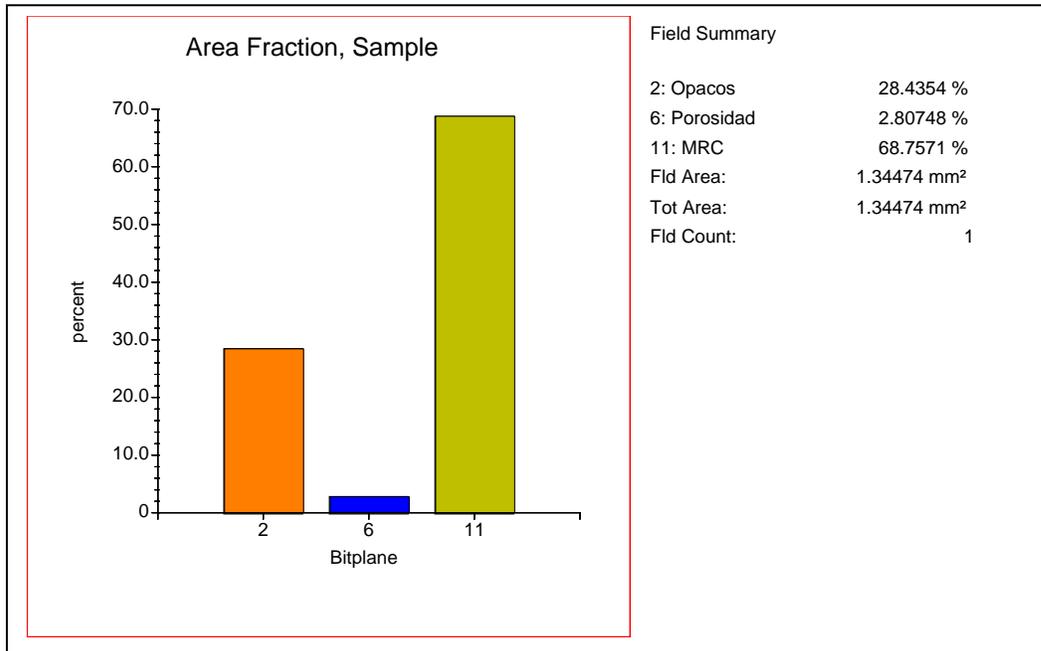


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: Xalitla, carretera federal Iguala–Chilpancingo Km 162.
 Muestra: Lámina 125-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Limolita calcárea, impregnada con resina y azul de metileno

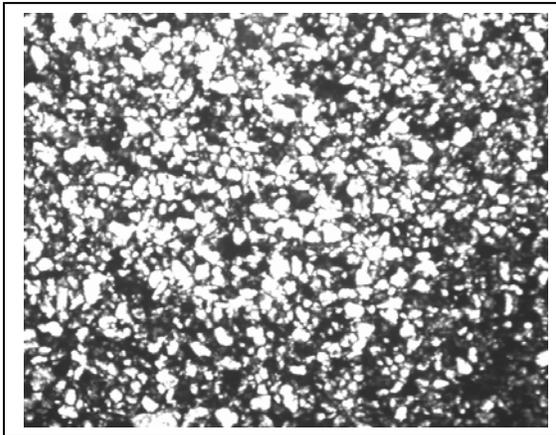


Fig. 1 Imagen en escala de grises

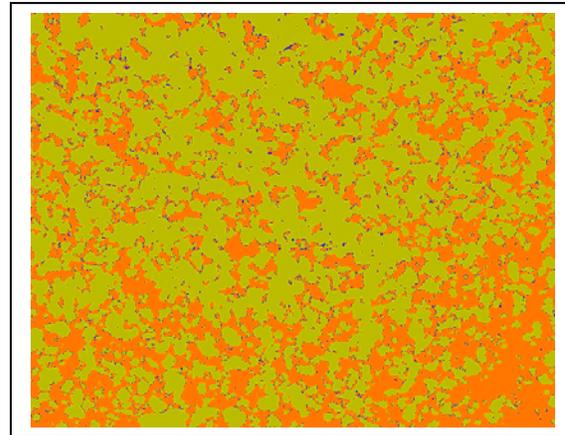
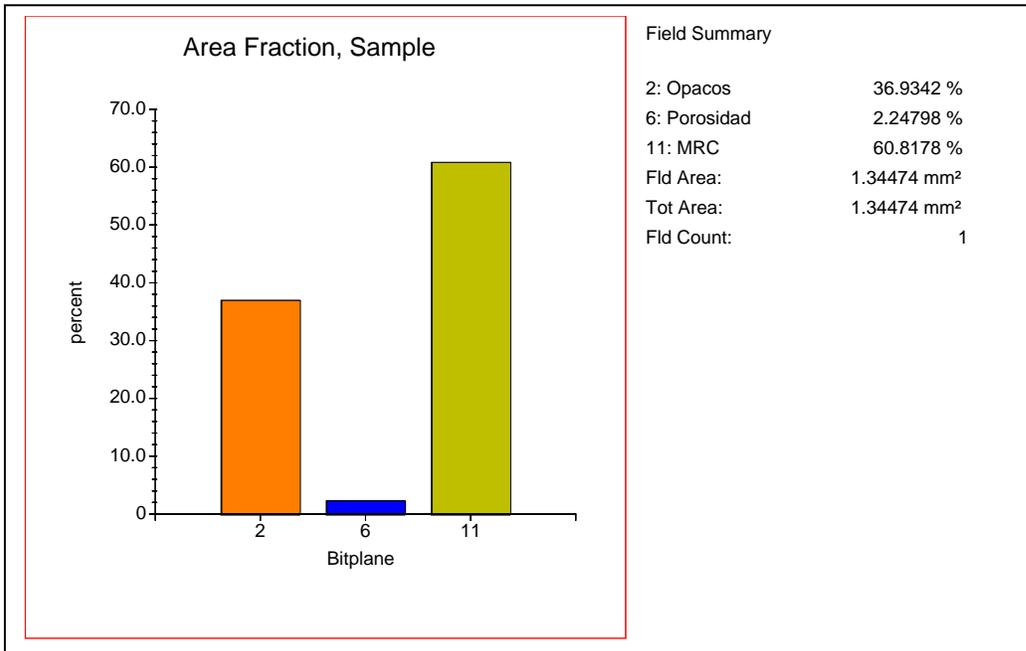


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

Estudio petrográfico.

Muestra: Lámina 127-M

Localidad: río Mezcala, carretera federal Iguala-Chilpancingo Km 173.

Textura: Relícta

Tamaño promedio Fino Selección Regular

Forma Granular Redondez Subesférica

Mineralogía clástica

Feldespato potásico

Carbonatos

Minerales opacos

Minerales pesados

(minerales ferríferos)

Otros Arcilla

Matriz

Componentes en la matriz:

Calcáreo arcillosa

Micrita

Procesos diagenéticos:

Cementación

Micrita

Pseudoespatita

Ortoespatita

Compactación

Tipo de contactos Concavo-convexo

Tipo de empaque Tangente a completo

Porosidad:

Primaria Intrapartícula e interpartícula

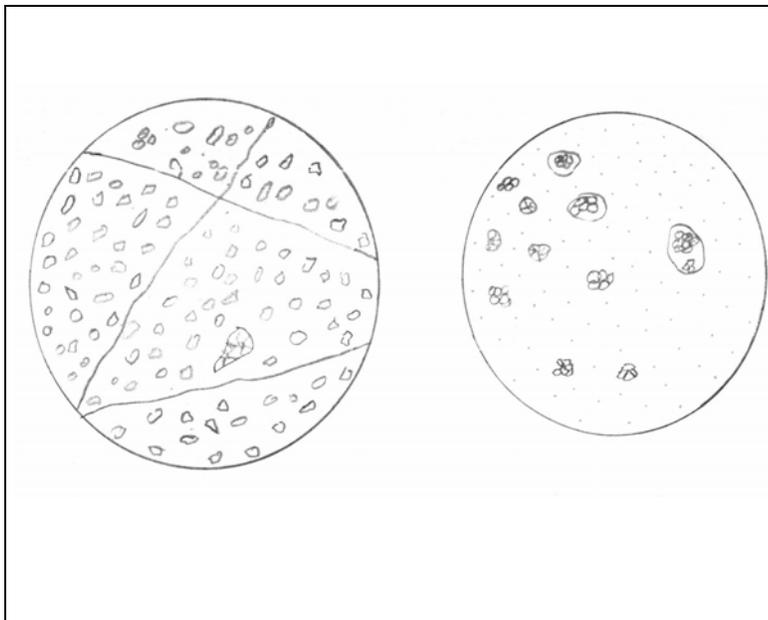
Secundaria Fracturas

Otros procesos diagenéticos: Presenta materia carbonosa en combinación con la matriz, ortoespatita y pseudoespatita en disolución rellenando fracturas.

Comentarios: Presenta fracturas con relleno de calcita recristalizada, minerales pesados (hematita, limonita), minerales opacos y materia carbonosa debido a la descomposición de materia orgánica, así como limolita, anhidrita y yeso.

Clasificación: Limolita y lutita negra calcárea.

Origen: Roca sedimentaria que se formó con sedimento de textura clástica, de origen detrítico y formadas por sedimentos limosos y arcillosos.



Esquema de la lámina 127-M

Localidad: río Mezcala, carretera federal Iguala–Chilpancingo Km 173.
 Muestra: Lámina 127-a

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Limolita, impregnada con resina y azul de metileno

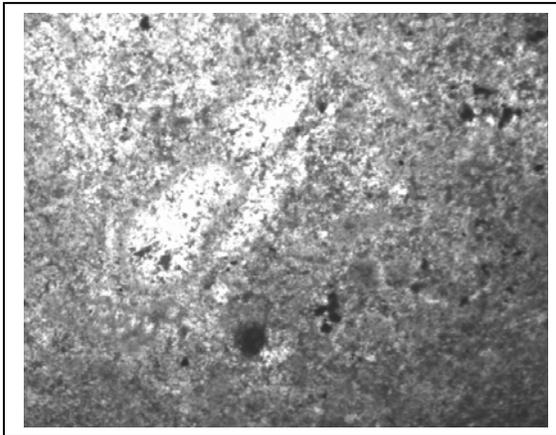


Fig. 1 Imagen en escala de grises

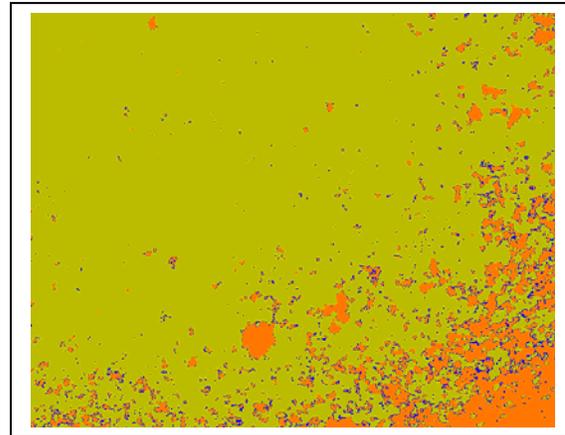
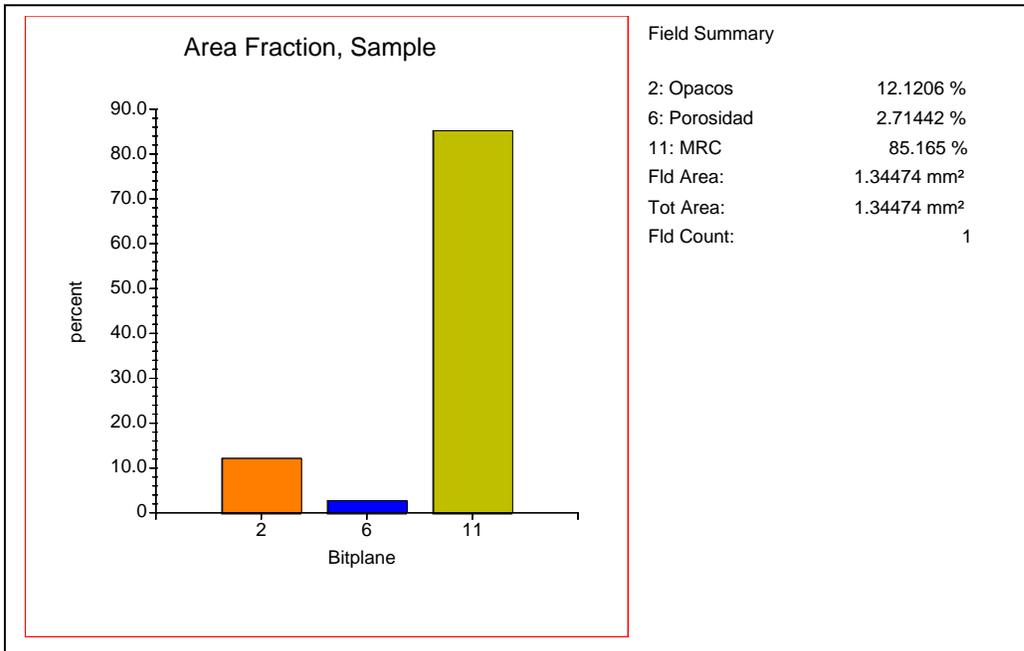


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de +/- 0.5% en la porosidad.

Localidad: río Mezcala, carretera federal Iguala–Chilpancingo Km 173.
 Muestra: Lámina 127-b

Análisis de imágenes Objetivo: 10X
 Reporte: Porosidad en roca Calibración: 0.00180 mm/Pixel
 Tipo de roca: Lutita negra, impregnada con resina y azul de metileno

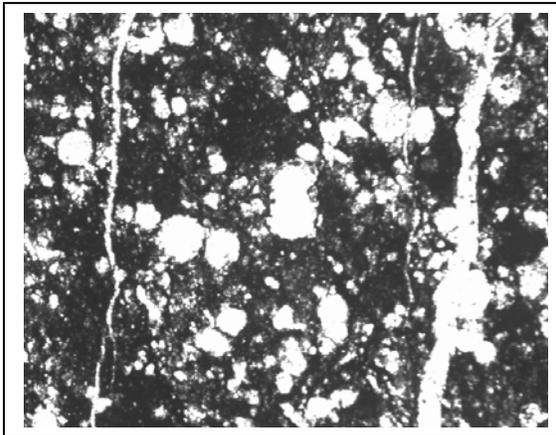


Fig. 1 Imagen en escala de grises

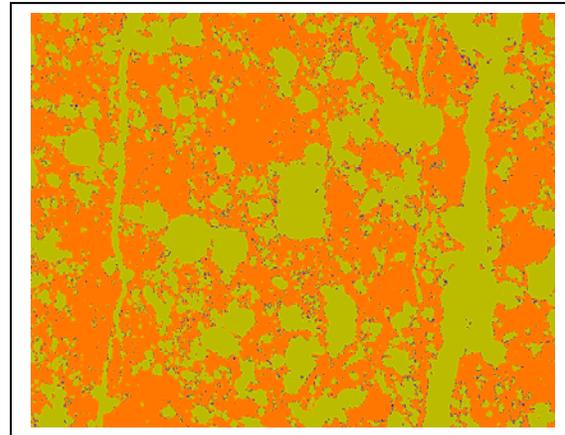
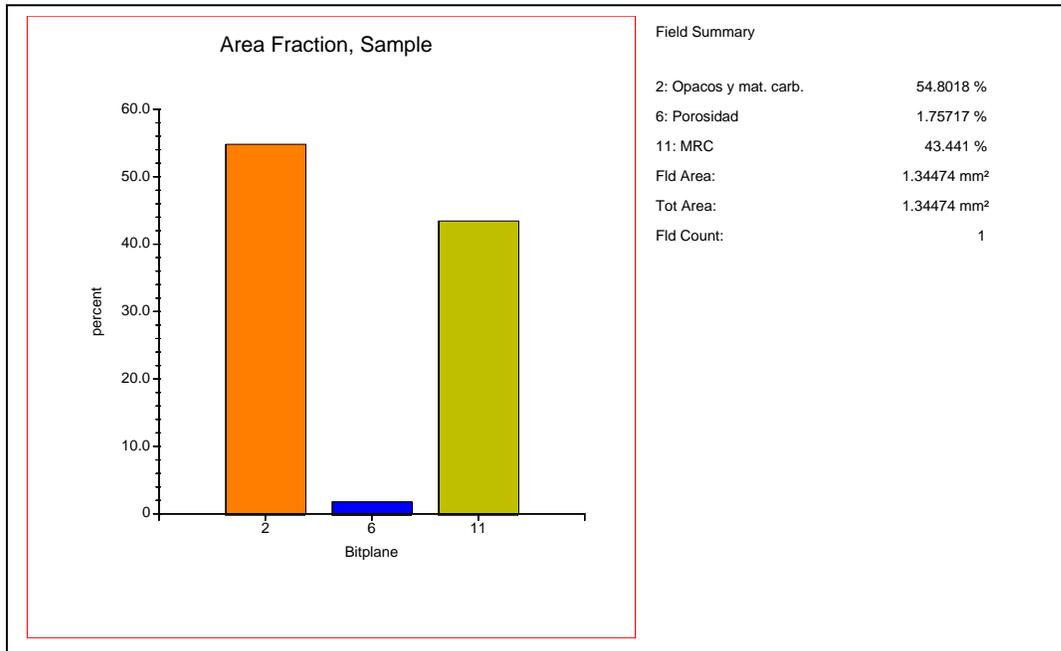


Fig. 2 Imagen detectada



Gráfica de la imagen detectada, en donde, MRC = Matriz, roca y cementante.

Se estima un error de $\pm 0.5\%$ en la porosidad.

CÁLCULO DE POROSIDAD ABSOLUTA TOTAL DE LAS MUESTRAS DE ROCA

Porosidad absoluta = Pabs = Porosidad / Área total de la roca

Área total de la roca = 1.34474 = Campo ocular del objetivo 10X

Porosidad absoluta total = Pabs total = Σ Pabs / Número de muestras

Localidad:	Cerro Xochicalco, Mor.		Nombre de la roca:
Muestra	1	2	Caliza mudstone - wackestone
Porosidad	4.57858%	5.20213%	
Pabs	3.40480%	3.86850%	
Pabs total = 3.63665 %			

Localidad:	Agua Salada, Gro.		Nombre de la roca:
Muestra	1	2	Yeso y anhidrita
Porosidad	1.28005%	1.00135%	
Pabs	0.95189%	0.74464%	
Pabs total = 0.84826 %			

		Localidad:	Paso Morelos, Gro.			Nombre de la roca:
Muestra	1	2	3	4	5	Caliza wackestone - packstone
Porosidad	4.86123%	4.53982%	3.76033%	2.79402%	2.62415%	
Pabs	3.61499%	3.37598%	2.79632%	2.07773%	1.95142%	

Muestra	6	7	8	9	10
Porosidad	3.83435%	1.74974%	1.68036%	1.84814%	2.38513%
Pabs	2.85136%	1.30117%	1.24957%	1.37434%	1.77367%
Pabs total = 2.23666 %					

		Localidad:	Cerro de Las Piedras Preciosas, Mor.		
Muestra	1	2	3	4	5
Porosidad	3.96129%	5.91270%	3.93414%	3.94737%	3.82391%
Pabs	2.94576%	4.39690%	2.92557%	2.93541%	2.84360%

Muestra	6	7	8	Nombre de la roca:
Porosidad	2.08879%	3.57305%	2.55152%	Caliza wackestone - packstone
Pabs	1.55330%	2.65705%	1.89740%	
Pabs total = 2.43664 %				

Localidad:	Xalitla, Gro.		Nombre de la roca:
Muestra	1	2	Lutita y limolita calcárea
Porosidad	2.80748%	2.24798%	
Pabs	2.08774%	1.67168%	
Pabs total = 1.87971 %			

Localidad:	Restaurante Isabel, Gro.		Nombre de la roca:
Muestra	1	2	Lutita negra y limolita calcárea
Porosidad	2.71442%	1.75717%	
Pabs	2.01854%	1.30669%	
Pabs total = 1.66262 %			

Tabla 4. Cálculo de porosidad absoluta en las muestras de roca obtenidas en Plataforma Morelos-Guerrero.

IV. CONCLUSIONES

IV. 1. Resultados

Al integrar los estudios realizados se obtuvieron los siguientes datos para cada afloramiento. Para obtener la porosidad absoluta de cada afloramiento se utilizó la siguiente fórmula y tabla de porosidades:

$P_{abs} = \text{Porosidad} / \text{Área total de la roca}$ $P_{abs \text{ total}} = \Sigma P_{abs} / \text{Número de muestras}$	Tabla de porosidad:	
	Despreciable–Pobre	0–10 %
	Regular–Buena	10–20 %
	Muy buena	20–25 %

en donde, los valores de la porosidad y el área total de la roca, fueron obtenidos con el analizador de imágenes.

Cabe mencionar que dentro de un sistema petrolero la mayoría de las rocas productoras y almacenadoras tienen porosidades mayores a 10 % y espesores superiores a 3 metros.

Sin embargo, una roca con porosidad menor a 3%, también se puede considerar como productora y / o almacén siempre y cuando la roca tenga continuidad lateral y vertical, es decir, la unidad tenga una extensión grande y sea de gran potencia (espesor).

1. Afloramiento cerro Xochicalco

Aflora caliza tipo mudstone a wackestone, el color varía de gris oscuro a negro, según el contenido de materia orgánica, se presentan espesores variables de muy delgado a mediano y generalmente superficies de estratificación planas, en el estudio petrográfico, se tiene textura microcristalina, con mezcla de intraclastos de micrita y materia orgánica en matriz de micrita, se observaron también fracturas rellenas por ortoespatita y pseudoespatita (calcita recristalizada).

La porosidad absoluta total de la roca es de: **3.63665 %**. Lo cual indica que la roca es permeable debido a las dimensiones que tiene esta unidad y por tanto dentro del sistema petrolero se comportaría como una roca generadora por su gran contenido de materia orgánica o almacenadora debido a su porosidad.

2. Afloramiento Cantera Agua Salada

Existe anhidrita laminar en mezcla con yeso por hidratación de la anhidrita, en donde la roca inalterada es más densa (anhidrita casi pura), su color varía de blanco a gris oscuro, no presenta estratificación, en el estudio petrográfico, se presenta textura microcristalina, con minerales opacos y arcilla relleno algunas fracturas y yeso reemplazando a la anhidrita.

La porosidad absoluta total de la roca es de: **0.84826 %**. Lo cual indica que la roca es impermeable y por tanto dentro de un sistema petrolero se tendría una roca sello. La porosidad que tiene la roca se debe a la intensa deformación y fracturamiento que ha sufrido esta unidad.

3. Afloramiento Paso Morelos–Huitzucó

Se presenta caliza de tipo wackestone a packstone bioclástica, su color varía de gris claro a gris oscuro, se presentan espesores variables, de muy delgado a grueso y generalmente superficies de estratificación planas.

En el estudio petrográfico, se tiene textura que varía ampliamente principalmente microcristalina y micrítica, matriz con micrita y arcilla, minerales opacos, pseudoespatita reemplazando contenido fósil y algunas fracturas y ortoespatita como cementante, también se observa abundante contenido fósil.

El contenido fósil que se encontró en las secciones delgadas es:

Praechrysalidina sp. cf., *P. infracretacea*, *Spiroplectammininae*, *Dicyclina slumbergeri*, *Pseudocyclamina rugosa*, *Valvulina picardi* (Textuláridos), *Nummuloculina heimi* nov. Sp., *Quinqueloculina*, sp., *Biloculina* sp, *Peneroplis* sp., *Nezzazatinella picardi*, *Nezzazata* sp., *Triloculina* sp. (Miliólidos), *Nerinella* sp. cf., *Nerinella dupiniana* (Gasterópodos), *Calpionella alpina* (Calpionélidos), *Heteroelix* sp. (Globigerínidos), *Nummulitinae*, *Hegbergerella* sp. , *Marginotruncana renzi*, *Guembelitiinae* (Rotálidos), *Lithocampe* sp. (Lituólido), *Pithonella ovalis*, *Calcisphaerula innominada* sp. (Calciesferúlidos), *Roveacrinus* sp. (Crinoideo), *Acicularia hendió*, *acicularia* sp., *Cylindroporella* cf., *Heteroporella* sp., *Lithophyllum* sp., *Salpingoporella* cf. (Algas calcáreas) y peletes.

La porosidad absoluta total de la roca es de: **2.23666 %**. Lo cual indica que la roca es permeable debido a las dimensiones que tiene esta unidad y por tanto dentro de un sistema petrolero se comportaría como una roca almacenadora debido a su porosidad.

4. Afloramiento cerro de Las Piedras Preciosas:

Aflora caliza de tipo wackestone a packstone bioclástica, su color varía de gris claro a gris oscuro, se presentan espesores variables, de muy delgado a grueso y generalmente superficies de estratificación planas.

En el estudio petrográfico, se tiene textura que varía ampliamente principalmente microcristalina y micrítica, matriz con micrita y arcilla, minerales opacos, pseudoespatita reemplazando contenido fósil y fracturas, también se observa abundante contenido fósil.

El contenido fósil que se encontró en las secciones delgadas es:

Praechrysalidina sp. cf., *P. infracretacea*, *Dicyclina slumbergeri*, *Pseudocyclamina rugosa* (Textuláridos), *Nummuloculina heimi* nov. Sp., *Quinqueloculina*, sp., *Biloculina* sp, *Spiroloculina* sp., *Nezzazata* sp. (Miliólidos), *Nerinella* sp. cf., *Nerinella dupiniana* (Gasterópodos), *Calpionella alpina* (Calpionélidos), *Heteroelix* sp. (Globigerínidos), *Nummulitinae*, *Hegbergerella* sp. (Rotálidos), *Pithonella ovalis*, *Calcisphaerula innominada* sp., *Stomiosphaera sphaerica* (Calciesferúlidos).

Acicularia endoi, *Acicularia* sp., *Cylindroporella* cf., *Dissocladella undulata*, *Heteroporella lepina*, *Neomeris cretacea*, *Salpingoporella* sp., *Permocalculus irenae*. (Algas calcáreas) y peletes.

La porosidad absoluta total de la roca es de: **2.43664 %**. Lo cual indica que la roca es permeable y debido a las grandes dimensiones que tiene esta unidad, dentro de un sistema petrolero se comportaría como una roca almacenadora por su porosidad.

5. Afloramiento Xalitla:

Se presenta lutita y limolita calcárea con mezcla de anhidrita y yeso, la lutita presenta color que va de ocre a pardo, en estratos con espesores variables de delgado a medio grueso, con superficie de estratificación de plana a irregular, la limolita en mezcla con anhidrita y yeso se presentan en alternancia con la lutita en secuencia rítmica, con planos de estratificación de plana a irregular.

En el estudio petrográfico, se presenta textura relicta, con tamaño de granos finos, selección buena, redondez subesférica, con una mineralogía clásica principalmente con cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, carbonatos, así como minerales opacos, minerales pesados y arcilla, en matriz calcárea arcillosa con micrita, ortoespatita y pseudoespatita relleno de fracturas, el yeso reemplazando a la anhidrita por hidratación.

La porosidad absoluta total de la roca es de: **1.87971 %**. Lo cual indica que las rocas son impermeables y por tanto dentro de un sistema petrolero se tendrían rocas sello.

6. Afloramiento río Mezcala:

Se presenta lutita negra y limolita con mezcla de anhidrita y yeso, la lutita presenta color negro debida al contenido de materia orgánica, en estratos con espesores variables de delgado a medio grueso, con superficie de estratificación plana, la limolita en mezcla con anhidrita y yeso se presentan en alternancia con la lutita negra, con planos de estratificación plana, en el estudio petrográfico, se presenta textura relicta, con tamaño de granos finos, selección buena, redondez subesférica, con una mineralogía clásica principalmente con feldespatos potásicos y carbonatos, así como minerales opacos, minerales pesados y arcilla, en matriz calcárea arcillosa con micrita, ortoespatita y pseudoespatita relleno de fracturas y reemplazando algunos fósiles, el yeso reemplazando a la anhidrita y presenta contenido fósil.

El contenido fósil que se encontró en las secciones delgadas es:

Pithonella ovalis, *Calcisphaerula innominada sp.*, *Stomiosphaera sphaerica* (Calciesferúlidos).

La porosidad absoluta total de la roca es de: **1.66262 %**. Lo cual indica que las rocas son impermeables y por tanto dentro de un sistema petrolero se tendrían rocas sello, pero debido al contenido de materia orgánica en la lutita negra también se puede considerar como una posible roca generadora.

Por tanto el resultado general, es que en la Plataforma Morelos–Guerrero se tiene el modelo de un sistema petrolero, ya que las rocas constituyentes de esta área cumplen con todas las características, es decir, existen rocas con potencial para ser rocas generadoras, rocas almacén, rocas trampa y rocas sello de hidrocarburos, pero no existieron las condiciones apropiadas y los procesos geológicos que produjeran yacimientos de hidrocarburos, por otra parte en el caso de que si hubieran existido las condiciones y procesos geológicos, las rocas estudiadas que se describieron hubieran formado un sistema petrolero.

IV. 2. CONCLUSIONES

Con base en la bibliografía y los resultados obtenidos de todas las muestras analizadas para realizar este trabajo, se llega a las siguientes conclusiones:

1.- En la denominada Plataforma Morelos–Guerrero, se tiene el modelo de un sistema petrolero, lo cual significa que no existieron las condiciones apropiadas y los procesos geológicos para que se produjeran yacimientos de hidrocarburos de gas y / o aceite.

Los afloramientos cerro Xochicalco y río Mezcala, pertenecientes a las Formaciones Xochicalco de grandes espesores pero de distribución restringida y Mezcala respectivamente, se pueden considerar potencialmente como rocas generadoras en el sistema Cretácico.

Los afloramientos Paso Morelos–Huitzucó, cerro de las Piedras Preciosas, de las Formaciones Morelos, Cuautla respectivamente, se pueden considerar como potenciales rocas almacenadoras, aunque tienen intensa deformación acaecida durante el Cretácico Tardío–Terciario Temprano y el intenso fracturamiento producto de la Orogenia Laramide.

Los potenciales sellos se encuentran en los afloramientos Agua Salada, Xalitla y río Mezcala, en las rocas pertenecientes a la Formación Mezcala. En combinación con posibles trampas estratigráficas–estructurales que probablemente ocurrieron por el fracturamiento de las rocas producto de la deformación intensa de la sucesión.

2.- Pudo ser un sistema petrolero y por el intenso tectonismo que sufrió el área de la Plataforma Morelos–Guerrero, los hidrocarburos migraron hacia otra parte de la corteza.

Es decir, si los hidrocarburos ya estaban generados, es probable pensar en una migración con dirección hacia el Este producto de los esfuerzos que generaron el levantamiento del área de estudio, por medio de intervalos porosos dentro de las trampas, por fallas o fracturas existentes en la corteza. Para determinar bien hacia donde fue la migración de los hidrocarburos es necesario realizar estudios mucho más detallados como exploración sísmica, caracterizaciones geoquímicas, estudios estratigráficos y estructurales, pensando en que se hayan preservado los hidrocarburos (**Hernández–Romano, U.**).

Independientemente de lo anterior, también se puede pensar en tres grandes factores que existieron y por los cuales se redujeron grandemente la preservación de los hidrocarburos:

- El primero, una erosión expuesta y gran levantamiento, posteriormente una erosión uniforme lo cual produjo que los yacimientos se hicieran menos profundos algunos expuestos o también favorecidos por influjos de aguas meteóricas y biodegradación.
- El segundo, por la deformación transicional en esa zona, la cual produjo grandes fracturamientos en los yacimientos de hidrocarburos, creando rutas de escape o migración de los hidrocarburos hacia otra parte de la corteza.
- La tercera, por la actividad volcánica y plutónica que pudo haber destruido bastantes yacimientos de hidrocarburos.

Referencias bibliográficas:

AGUILERA-FRANCO, N., ALLISON, P.A. & MACLEOD, N., 1997. Biostratigraphy around the Cenomanian–Turonian boundary, southern Mexico. Abs. 18th Regional European Mtg Int. Ass. Sediment., Heidelberg, *Gaea heidelbergensis* 3, p. 39.

AGUILERA-FRANCO, N., ALLISON, P.A. & MACLEOD, N., 1998. The stratigraphy and environmental change associated with the Cenomanian-Turonian boundary of southern Mexico. Abs. 15th Int. Sedimentological Congress, Int. Ass. Sediment., Alicante, p. 117-118.

AGUILERA-FRANCO, N., 1995. Litofacies, paleoecología y dinámica sedimentaria del Cenomaniano–Huroniano en el área de Zotoltilán–La Esperanza, Estado de Guerrero. Unpublished MSc Thesis, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 137.

ALENCÁSTER, G., HERNÁNDEZ-GARCÍA, R. & GARCÍA-VILLEGAS, F., 1987. Rudistas hipurítidos (Bivalvia-Hippuritacea) del Cretácico Superior de la parte central del Estado de Guerrero. *Rev. Soc. Mex. Paleont.* 1, p. 24-39.

BARCELÓ-DUARTE, J., 1988. Paragénesis de los depósitos carbonatados del Albiano-Turoniano en la porción central del Estado de Guerrero. Resúmenes, IX Convención Nacional, Soc. Geol. Mexicana, México, p. 35-36.

BARCELÓ-DUARTE, J., 1992. Facies sedimentológicas de la Cuenca Guerrero-Morelos. Unpublished research report, Area de Exploración de Recursos Energéticos del Subsuelo, Facultad de Ingeniería, Div. Est. Posg.-UNAM, Mexico, 225 p.

BARCELÓ-DUARTE, J., MARTINEZ-MEDRANO, M., HERNANDEZ-REYES, G. & GONZALEZ-PACHECO, V. V., 1992. Aspectos diagenéticos de la secuencia cretácica en la Cuenca Guerrero-Morelos. Resúmenes, XI Convención Nacional, Soc. Geol. Mexicana, Veracruz, p. 24.

BOHNENBERGER–THOMAS, O., 1955. Bosquejo geológico a lo largo de la carretera Iguala–Chilpancingo, Estado de Guerrero. Unpublished BSc Thesis, Escuela Nacional de Ingenieros, UNAM , p. 61.

BOLIVAR, J. M., 1963. Geología del área delimitada por El Tomatal, Huitzuc y Mayanalán, Estado de Guerrero. Instituto de Geología, UNAM, *Boletín* 69, p. 35.

BONET, F., 1956. Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del Este de México. Instituto Politécnico Nacional, Petróleos Mexicanos, México.

CAMPA-URANGA, M. F., 1978. La evolución tectónica de Tierra Caliente, Guerrero. *Bol. Soc. Geol. Mexicana* 39, p. 52-64.

CAMPA-URANGA, M. F., 1984. Interpretación tectónica continental de la región Mixteca. *Bol. Soc. Geol. Mexicana* 45, p. 1-5.

CAMPA-URANGA, M. F., 1985. The Mexican thrust belt. In *Tectonostratigraphic terranes of the circum-Pacific region* (Ed. by D.G. Howell), Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series 1, p. 299-313.

CAMPA, M. F. & CONEY, P. J., 1983. Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico. *Can. J. Earth Sci.* 20, p. 1040-1051.

CAMPA, M.F. & RAMÍREZ, J., 1979. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico-Científica 1, México, 101 p. 238

CAMPA, M.F., RAMÍREZ, J., FLORES, R. & CONEY, P.J., 1980. Terrenos tectonoestratigráficos de la Sierra Madre del Sur, región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico-Científica 10, México, p. 26.

CERCA-MARTÍNEZ, L.M., 2004. Deformación y magmatismo Cretácico Tardío-Terciario Temprano en la zona de la Plataforma Guerrero-Morelos. Tesis doctoral, Centro de Geociencias, campus UNAM Juriquilla, Oro.

CUSHMAN, J. A., 1933. An illustrated key to the genera of foraminifera. Printed in U.S.A.

DE CSERNA, Z., FRIES, C. Jr., 1981. Hoja Taxco 14Q-h (7). Geología de los estados de Guerrero, México y Morelos: México D.F., UNAM, Instituto de Geología, Carta Geológica de México escala 1: 1 000 000, un mapa con texto, 47 p.

DE CSERNA, Z., 1981. Geología regional y sismicidad. En *Geología y geotécnica del proyecto hidroeléctrico El Caracol, Guerrero* (ed. Maycotte, J. I.), p. 23– 41 (CFE, México, DF).

DE CSERNA, Z., 1965. Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero. *Bol.* 62. Instituto de Geología-UNAM, 76 p.

DE CSERNA, Z., PALACIOS-NIETO, M. & PANTOJA-ALOR, J., 1978. Relaciones de facies de las rocas cretácicas en el noroeste de Guerrero y en áreas colindantes de México y Michoacán. In *Libro-guía de la Excursión Geológica a Tierra Caliente, Estados de Guerrero y México* (Ed. by R. del Arenal), Soc. Geol. Mexicana, México, p. 33-43.

ENOS, P. & STEPHENS, B. P., 1993. Mid-Cretaceous basin margin carbonates, east-central Mexico. *Sedimentology* 40, p. 539-556.

FLORES DE DIOS-GONZÁLEZ, L. A., 1986. Estratigrafía de la Montaña de Guerrero en los límites con Puebla y Oaxaca. Unpublished BSc Thesis, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-IPN, México, 85 p.

FRIES, C. Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Bol.* 60, Instituto de Geología-UNAM, p.236.

FRIES, C. Jr. 1966. Hoja Cuernavaca 14-Q (8), con Resumen de la geología de la Hoja Cuernavaca, estados de Morelos, México, Guerrero y Puebla Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta geológica de México, serie 1: 100 000, mapa con texto explicativo al reverso.

GONZÁLEZ-PACHECO, V. V., 1988. Estratigrafía y condiciones paleoambientales de la secuencia cretácica del área de Atenango del Río, Estado de Guerrero. Unpublished BSc Thesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 102.

HERNÁNDEZ-ROMANO, U., 1995. Evolución sedimentológica de la secuencia cretácica en el área de Huitziltepec. Unpublished BSc Thesis, Facultad de Ingeniería-UNAM, México, 147 p.

HERNÁNDEZ-ROMANO, U., AGUILERA-FRANCO, N., MARTÍNEZ-MEDRANO, M. & BARCELÓ-DUARTE, J., 1997a. Guerrero-Morelos Platform drowning at the Cenomanian Turonian boundary, Huitziltepec area, Guerrero State, southern Mexico. *Cretaceous Research* 18, p. 661-686

LOEBLICH, A.R. Jr. and TAPPAN, H., 1964. *Treatise on INVERTEBRATE PALEONTOLOGY*. The Geological Society of America and the University of Kansas Press. Vol. 1 y 2 (c), Protista.

LÓPEZ-RAMOS, E., 1983. *Geología General y de México*. Tomo III. Tercera Edición, Ed. Trillas, p. 288.

MARTÍNEZ-MEDRANO, M., 1994. Estratigrafía, sedimentación y diagénesis de la secuencia cretácica, en la región de Santa Teresa, Estado de Guerrero. Unpublished BSc Thesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 122.

MARTÍNEZ-MEDRANO, M., BARCELÓ-DUARTE, J., GONZÁLEZ-PACHECO, V. V. & HERNÁNDEZ-REYES, M. G., 1992. Ambientes y facies sedimentarias de la secuencia cretácica en la porción central de la Cuenca Morelos-Guerrero. In *Libro de Resúmenes, XI Convención Geológica Nacional*, Sociedad Geológica Mexicana, Veracruz, p. 111.

MELÉNDEZ, B., 1982. *Paleontología*. Tomo 1. Tercera edición. Madrid, España.

MENESES-ROCHA, J., MONROY-AUDELO, M. E. & GÓMEZ-CHAVARRÍA, J. C., 1990. Paleogeografía y posibilidades petroleras del Mesozoico en el sur de México. In *Resúmenes, X Convención Nacional*, Soc. Geol. Mexicana, México, p. 27. 246

MENESES-ROCHA, J., MONROY-AUDELO, M. E. & GÓMEZ-CHAVARRÍA, J. C., 1994. Bosquejo paleogeográfico y tectónico del sur de México durante el Mesozoico. *Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol.* 44, p. 18-45.

Consejo de Recursos Minerales, *Monografía Geológica-Minera del estado de Guerrero*, México D.F., SECOFI, Coordinación general de Minería, 1999, p. 262. Esta monografía contiene información geológica y minera a nivel regional del estado.

Consejo de Recursos Minerales, *Monografía Geológica-Minera del estado de Morelos*, México D.F., SECOFI, Coordinación general de Minería, 2000, p. 209. Esta monografía contiene la información geológica y minera a nivel regional del estado.

MORÁN-ZENTENO, D. J., 1985. Geología de la Republica Mexicana. Segunda Edición, INEGI, UNAM, Instituto de Geología, Facultad de Ingeniería, p. 88.

MORÁN-ZENTENO, D., ALANIZ-ÁLVAREZ, S. A. & NIETO-SAMANIEGO, A. F., 1992. Carta Geológica de la Republica Mexicana, 5ª edición 1: 2 000 000 con texto explicativo. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo de Recursos Minerales.

ONTIVEROS-TARANGO, G., 1973. Estudio estratigráfico de la porción noroccidental de la Cuenca Morelos-Guerrero: Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. 25, p. 189-234.

ORTEGA-GONZÁLEZ, J. V., 1987. Estudio sedimentológico de las rocas del Albiano-Cenomaniano en la porción suroccidental de la Plataforma Guerrero-Morelos, Estado de Guerrero. Unpublished research report, Facultad de Ingeniería, Div. Est. Posg.-UNAM, México, 41 p.

ORTEGA-GONZÁLEZ, J. V., 1996. El complejo arrecifal del límite occidental de la plataforma Guerrero-Morelos. In Resúmenes, XIII Convención Nacional, Soc. Geol. Mexicana, La Paz, p. 24.

RAISZ, E., 1959. Landforms of Mexico, Cambridge, Mass, Physiographic Geography Brach of the Office of Naval Research, escala 1: 3 000 000.

RUIZ-VIOLANTE, A. & BASÁÑEZ-LOYOLA, M. A., 1994. La Formación Xochicalco, unidad estratigráfica del Albiano-Cenomaniano en los estados de Morelos, Guerrero y México. In Resúmenes, XII Convención Nacional, Soc. Geol. Mexicana, Toluca, p. 161-162.

SABANERO-SOSA, M. H., 1990. La ruptura del extremo austral de la Plataforma Guerrero-Morelos determinado por la acresión constructiva-transformante del Terreno Xolapa. Unpublished BSc Thesis, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-IPN, Mexico, 126 p.

SALINAS-PRIETO, J. C., 1984. Los límites tectónicos sur y occidental del terreno Mixteco. Bol. Soc. Geol. Mexicana 45, p. 73-85.

SALINAS-PRIETO, J. C., 1986. Estudio geológico de la porción occidental de la región de La Montaña, Estado de Guerrero. Unpublished BSc Thesis, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-IPN, México, 88 p.

SEDLOCK, R. L., ORTEGA-GUTIERREZ, F. y SPEED, R. C., 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. Geological Society of America Special paper 278, 153 p.

SLITER, W., 1989. Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifers examined in thin section. J. Foraminiferal Research 19, p. 1-9.

TREJO, M., 1983. Paleobiología y taxonomía de algunos microfósiles mesozoicos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 44 (2), p. 82.

WILSON, J. L., 1975. Carbonate facies in geologic history, xiii, p. 1 471. (Springer, New York).

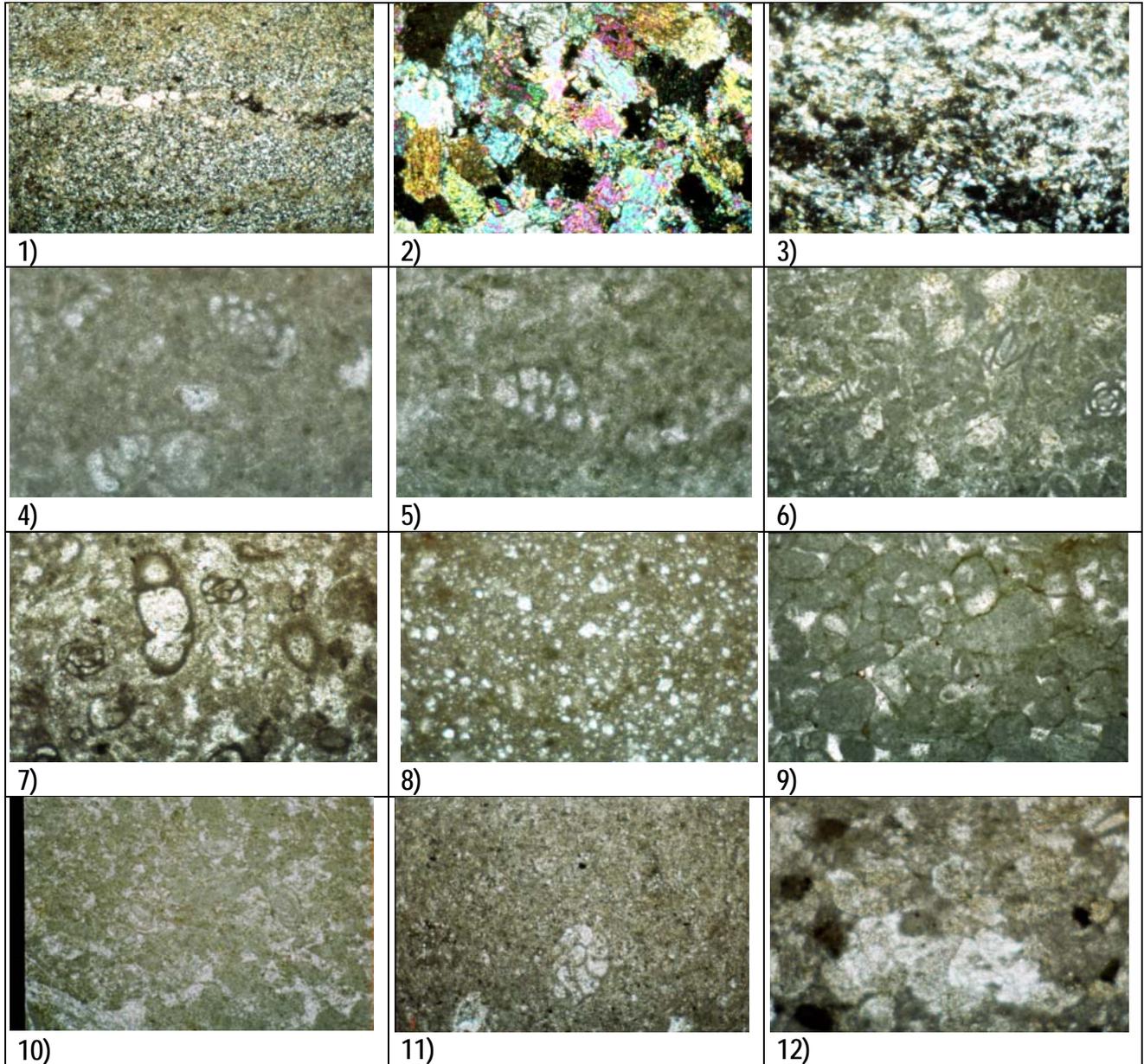
PLANOS

E

ILUSTRACIONES

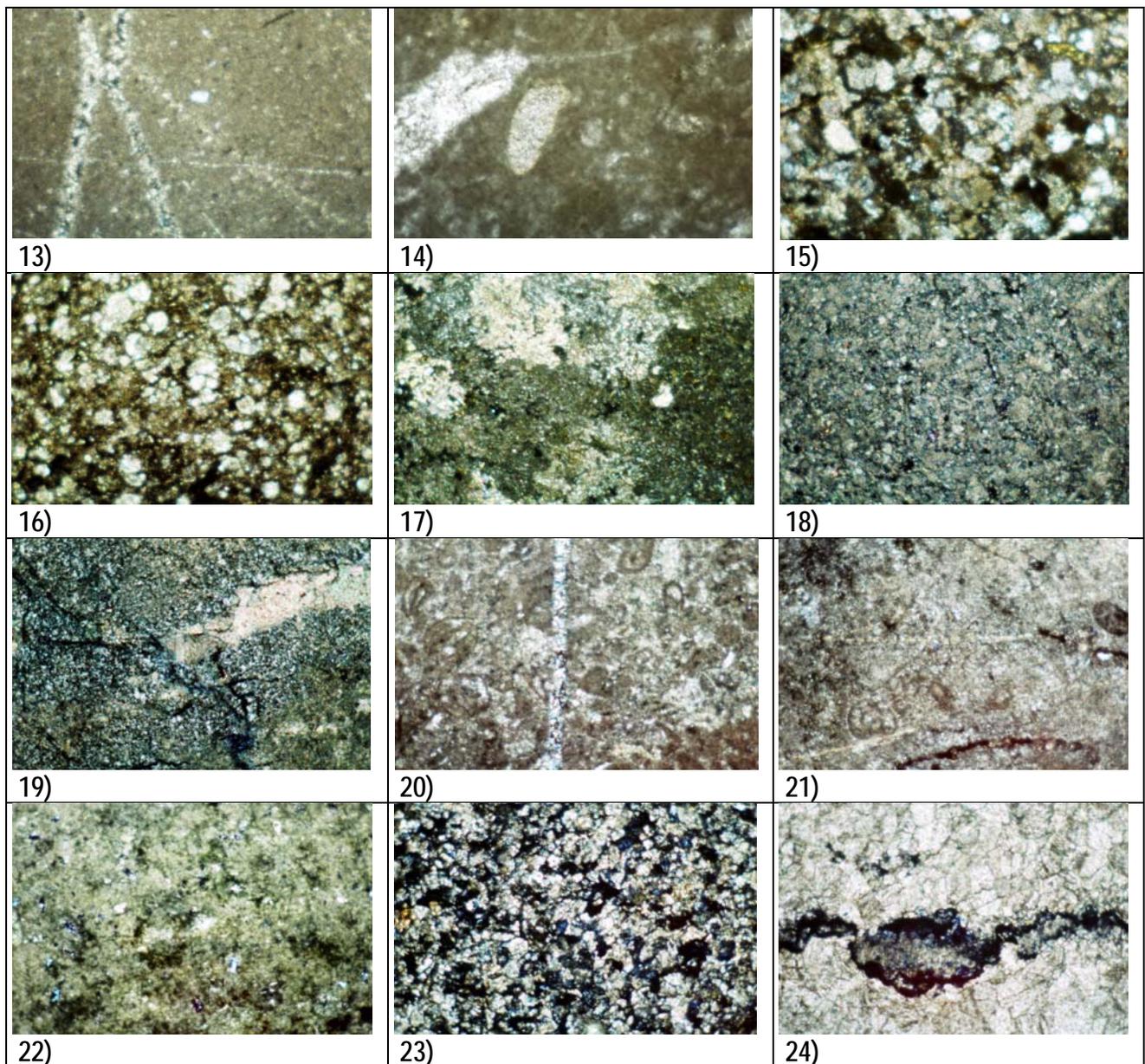
Planos e ilustraciones:

Fotomicrografías parte 1.



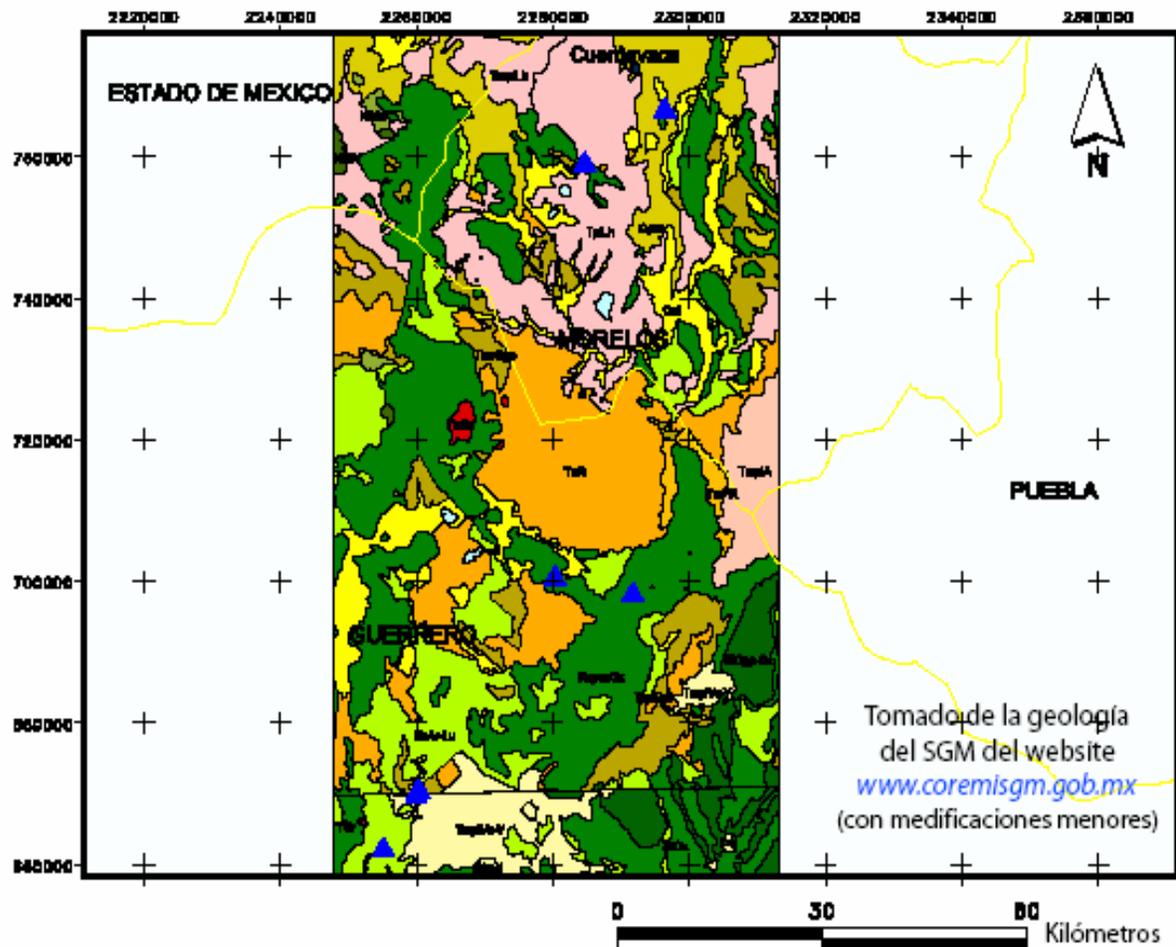
Fotomicrografías donde se aprecia la textura de las muestras de roca y contenido de microfósiles. En la fotografía 1), se puede observar caliza tipo wackestone con gran contenido de materia orgánica, sin presencia visible de fósiles, sección delgada del cerro Xochicalco, Formación Xochicalco, realizado con objetivo 10x y nx. En las fotografías 2) y 3), se puede observar la anhidrita y el yeso del afloramiento cantera Agua salada, Tlapala, Formación Huitzucó, realizado con objetivo 10x y nx. De las fotografías 4) a la 12) Se observan calizas tipo wackestone-packstone, intraclásticas, bioclásticas, con miliólidos, rotálidos, lituólidos, calciesferúlidos, textuláridos, globigerínidos, crinoideos y fragmentos de algas verdes, secciones delgadas de los afloramientos Paso Morelos y cerro de las Piedras Preciosas, Formación Morelos y Cuautla, realizado con objetivos 20x en 4) y 5) y 10x de 6) a 12), con luz paralela en ambos casos.

Fotomicrografías parte 2.



En las fotomicrografías 13) y 14) Se observan calizas tipo wackestone–packstone, intraclásticas, bioclásticas, con miliólidos, rotálidos, lituólidos, calciesferúlidos, textuláridos, globigerínidos, crinoideos y fragmentos de algas verdes, secciones delgadas del afloramiento cerro de las Piedras Preciosas, Formación Morelos y Cuautla, realizado con el objetivo 10x y con nx. En la fotografía 15) se puede observar la lutita calcárea, del afloramiento Xalitla, Formación Mezcala, realizado con objetivo 10x y nx. En las fotografías 16) y 17), se presenta lutita negra con gran contenido de materia orgánica y la limolita con contenido de yeso del afloramiento rio Mezcala, Formación Mezcala, realizado con el objetivo 10x y nx. Para las fotografías que van de la 18) a la 24), se puede observar la impregnación en color azul, para determinar la porosidad de las rocas, se realizaron bajo el objetivo 10x, la 18) y 19) con nx y de la 20) a la 24) con luz paralela.

MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE TRABAJO



-  Estaciones de trabajo
-  Límite estatal
-  Ciudad

FORMACIONES

	CUERPOS DE AGUA
	HOLOCENO ROCAS SEDIMENTARIA INDEFERENCIADO
	CUATERNARIO ROCAS SEDIMENTARIAS INDEFERENCIADO
	PLEISTOCENO ROCAS EXTRUSIVAS INDEFERENCIADO
	QUERNAYADA
	QUAYUCA
	TERCIARIO ROCA VOLCANICA INDEFERENCIADO
	TERCIARIO ROCAS INTRUSIVAS INDEFERENCIADO
	CUADROSO ROCAS INTRUSIVAS INDEFERENCIADO
	MODERNO ROCAS EXTRUSIVAS INDEFERENCIADO
	MODERNO ROCAS INTRUSIVAS INDEFERENCIADO
	TLZAPOTLA
	BALBAS
	MEZCALA
	MORELOS
	ZECAPA
	VILLA AYALA
	ACAPETLANHUAYA

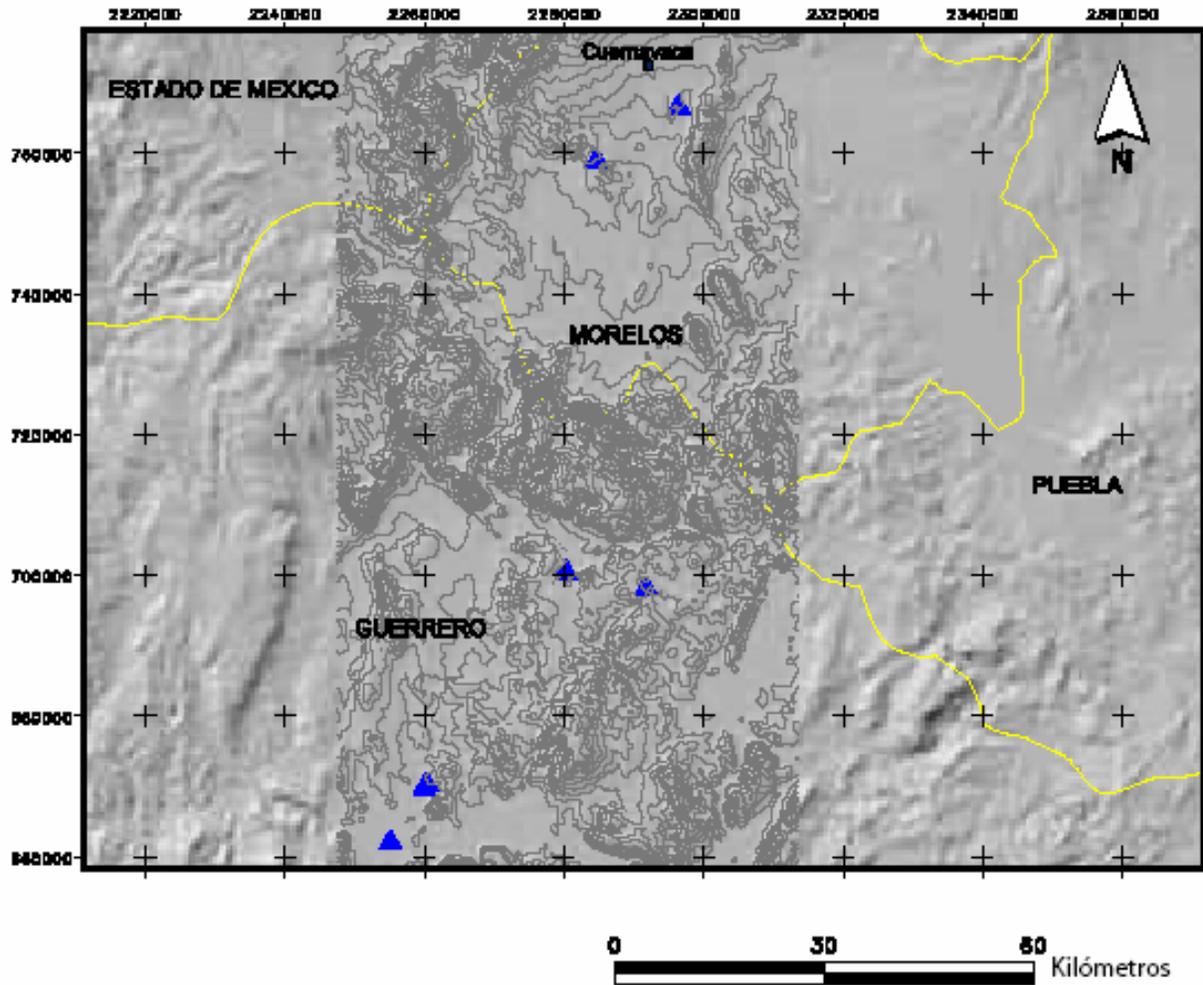
Universidad Nacional Autónoma de México
Tesis profesional

“Rocas potencialmente formadoras de un sistema petrolero en la PMG.”

Autor: Moisés Mejía Jiménez



LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO



-  Curvas de nivel
-  Estaciones de trabajo
-  Límite estatal
-  Ciudad

Universidad Nacional Autónoma de México

Tesis profesional

"Rocas potencialmente formadoras de un sistema petrolero en la PMG."

Autor: Moisés Mejía Jiménez





Ejemplo. Fotografías realizadas en google earth y arc view, para los puntos ubicados dentro del afloramiento cerro de las Piedras Preciosas, localizado en el cerro Calera chica en el municipio de Jiutepec, Morelos.