



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE FACIES DE LA
FORMACIÓN LA COMPAÑÍA,
CALTEPEC, ESTADO DE PUEBLA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O G E Ó L O G O

P R E S E N T A :

DAVID RAMÍREZ VARGAS

DIRECTORA: ING. CLAUDIA C. MENDOZA ROSALES

2009

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México a través de los Proyectos PAPIIT IN109605 y IN115208, en especial a la Ing. Claudia Cristina Mendoza Rosales y al M.C. Gilberto Silva Romo, por el apoyo, las enseñanzas, la comprensión, la paciencia, los regaños y los momentos compartidos, a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

A mi Padre y mi Madre, que me enseñaron a esforzarme y dedicarme para poder llegar a la meta; a mis hermanos que han enriquecido las enseñanzas de mi vida.

A mis compañeros y amigo de la carrera y de la vida, que a pesar de no ser de la misma, siempre estuvieron conmigo en esta gran aventura de la vida: Abraham Barajas, Alejandro Mosón, Rubén Varela, David Martínez, Orlando, Pakosan, Abraham Muñoz, Martín, Lupis, Juan Mareles, Cesar Cuapio, Iván Vladimir, Augusto, David Blanco, Pedro, Arturo Rojo, Josué, José Juan, Juan Francisco, Ángel Israel (MAROMAS), Miguel Guizar, Moisés, Guillermo Pérez, Perla, Thai, Pahola, Alinne, Valerie, Omar Gonzales, Quetz, Jonathan Mayo, Hugo, Eduardo Huerta, Octavio, Jerónimo Valentín, Adán Nandayapan, Edras, Alicia Villalpando (✚), Noé (✚), Gabriel Ayala (✚).

A mis dos grandes amigas que logre tener en los buenos y en los malos momentos en esta travesía: Mariam Elisa Sotelo Vale y Deyanira Judith Rubio Ayala; gracias por todo su apoyo y comprensión, por aguantarme todas las diabluras, travesuras y locuras.

A Aida Sotelo Vale gracias por ayudarme en la preparación para mi examen de inglés.

A mis amigos y profesores del Laboratorio de Mecánica: Ing. Raúl Escalante Rosas, M. I. Arnulfo Ortiz Gómez, Ing. Ma. Lourdes Martínez Cruz, que han sido más que solo profesores, y que me han enseñado varias cosas de la vida.

A todos mis profesores de la División de Ciencias Básicas, ya que en su momento no supe valorar su esfuerzo, que hoy lo entiendo, que la formación del ingeniero está en la base, que ustedes nos forman. En especial a la Ing. Verónica Hikra García Casanova, quien me enseñó que: *o todo bien o todo mal*, porque en la vida nadie nos da medios puntos.

A mis profesores y amigos de la carrera: M.C Emiliano Campos, Ing. María de la Paz, Ing. Alfredo Victoria, Ing. Juan Carlos Cruz, Ing. José Luis Arcos, Ing. Martín Vidal, M.C. Noé Santillán, Ing. Javier Medina Escutia, Ing. Carlos Schulze, Dr. Joaquín Aguayo, Dr. Héctor Sandoval, Ing. Héctor Luis Macías, Ing. Germán Arriaga, Ing. Ricardo Castrejon, M.I. Janete Mejía Jiménez, M.C. Mayumi Cabrera, Ing. Miguel Ángel Ruvalcaba, Ing. Leovigildo Cepeda, Ing. Alberto Herrera Palomo.

A la Lic. Irma Hinojosa por la colaboración en la redacción y corrección de estilo del texto.

Al Sr. Adán Castro Flores por la ayuda y apoyo brindado en la realización del presente trabajo, y por todo lo vivido y aprendido en tu compañía. A la Sra. Esther Cruz Camargo, gracias por todo.

Al Ing. ALFONSO SÁNCHEZ GUZMÁN (✚), gracias por todo lo que compartiste conmigo, las enseñanzas, las aventuras, las parrandas y *tu amistad*, donde quiera que estés, muchas gracias por todo, y algún día nos encontraremos en el siguiente camino para continuar una aventura más.

Contenido

Resumen	1
I. Introducción	1
Objetivos.....	3
Metodología.....	3
II. Marco Geológico	5
Basamento	7
Formación Metzontla.....	8
Formación Matzitzi.....	8
Lechos Rojos	9
Formación Zapotitlán.....	10
Miembro Agua del Cordero.....	11
Miembro Agua del Burro	11
Formación Miahuatepec	11
Formación San Juan Raya	12
Formación Cipiapa	14
III. Formación La Compañía.....	16
Antecedentes.....	16
Distribución	16
Litología y espesor.....	17
Miembros.....	17
Contenido fósil y edad.....	18
Relaciones estratigráficas	19
Estructura.....	19
IV. Análisis de Facies de la Formación La Compañía.....	21
Asociación de <i>Facies</i> Abanico Aluvial (Ki afab).....	22
Ambiente de depósito	23
Asociación de <i>Facies</i> Abanico de Marea (Ki afam).....	24
Ambiente de depósito.....	25
Asociación de <i>Facies</i> de Laguna (Ki afl)	26
Ambiente de depósito.....	28
Asociación de <i>Facies</i> Arrecifal (Ki afa).....	29
Ambiente de depósito.....	30
V. Modelo de Facies y Paleoambiente	31
VI. Discusión	34
VII. Conclusiones	36
Referencias Bibliográficas	37

Apéndice petrográfico.....	42
Muestra: AC-03	43
Muestra: AC-15	44
Muestra: AC-20	45
Muestra: AC-30	46
Muestra: AC-38	47
Muestra: AC-45	48
Muestra: AC-50	49
Muestra: AC-55	50
Muestra: AC-63	51
Muestra: AC-67	52
Muestra: AC-77	53
Muestra: AC-82	54
Muestra: AC-89a	55
Muestra: AC-89b	56
Muestra: AC-94	57
Muestra: AC-115	58
Muestra: AC-117	59
Muestra: AC-124	60
Muestra: AC-138	61
Muestra: AC-156	62
Muestra: AC-157	63
Muestra: AC-158	64

Anexo: Mapa de litofacies escala 1:10,000

Índice de Figuras

- Figura 1. Localización
- Figura 2. Terrenos del sur de México
- Figura 3. Mapa geológico regional
- Figura 4. Columna geológica regional
- Figura 5. Columna medida Miembro Caltepec
- Figura 6. Asociación de facies de Abanico Aluvial
- Figura 7. Columna medida Miembro Dixiñado
- Figura 8. Columna medida Miembro Dixiñado
- Figura 9. Asociación de facies de Laguna
- Figura 10. Asociación de facies de Parche Arrecifal
- Figura 11. Modelo de Facies.

Resumen

En el área de La Compañía se descubrió una nueva localidad fosilífera similar a la de San Juan Raya y sus características litológicas, sedimentológicas, fosilíferas y estratigráficas permitieron individualizarla y proponerla como Formación La Compañía. Se elaboró un mapa de litofacies a escala 1:10,000 y se realizó un análisis de facies para conocer la geometría de las unidades y determinar los cambios de facies tanto laterales como verticales.

Se reconocieron cuatro asociaciones de facies: a) *abanico aluvial* caracterizado por conglomerado rojo polimíctico, en estratos masivos irregulares, texturalmente inmaduros, mal clasificados, los clastos son de muy angulosos a subredondeados, de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico y areniscas; b) *abanico de marea* la cual consiste en una intercalación rítmica entre conglomerados y areniscas; en estratos gruesos y lenticulares, texturalmente submaduros, moderadamente clasificados, de arena fina a grava gruesa, presentan grietas de desecación, gradación grano creciente, gradación grano decreciente y estratificación laminar, con abundantes fósiles re TRABAJADOS; c) *laguna*, es una intercalación de arenisca calcárea con algunos estratos de calizas, en estratos tabulares y lenticulares, presenta la mayor abundancia de fósiles autóctonos y bioturbación; d) *arrecifal*, consiste en estratos de calizas boundstone, calcarenitas y biolitas de color gris; que meteorizan a color ocre y en forma nodular; en estratos lenticulares y con estratificación de masiva a mal desarrollada, presenta numerosos ejemplares de corales, gasterópodos y pelecípodos en posición de vida. Esta Formación se depositó en un ambiente mixto cercano a la costa, cuyas características ambientales están propuestas con base en las asociaciones de facies, presentando cambios de facies muy rápidos, tanto vertical como lateralmente.

Con base en su contenido fósil se propone una edad del Barremiense, presentando un cambio de facies lateral con la Formación Zapotitlán hacia el norte, fuera del área de estudio; estratigráficamente subyace a la Formación San Juan Raya.

I. Introducción

El presente trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto PAPIIT IN109605 “Análisis de Cuencas Sedimentarias del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano de Tehuacan, Puebla y Tolimán, Querétaro y su Relación con la Evolución Tectono-Sedimentaria del Golfo de México”, el cual tuvo como objetivo el estudio detallado de las cuencas antes mencionadas, sus correlaciones y su posible continuidad durante la formación del Golfo de México, para lo cual se realizaron estudios a detalle de diversas áreas comprendidas dentro de dichas cuencas.

La Cuenca de Zapotitlán localizada al suroeste de Tehuacán, Puebla (figura 1); fue una de las estudiadas en el proyecto. Con base en los estudios ya realizados por la Ing. Claudia Mendoza Rosales como parte de su proyecto doctoral (en preparación), durante la medición de columnas estratigráficas expuestas en el área de La Compañía, municipio de Caltepec, estado de Puebla, reconoce las asociaciones de facies que aquí se describen y en el cual descubre una nueva localidad fosilífera, en apariencia similar a la de San Juan Raya; decidiendo que era necesario analizar con detalle esta nueva localidad, para precisar si ésta correspondía o no con la Formación San Juan Raya, por lo que se propuso analizar las facies expuestas en la localidad, para resolver el problema.

Dicho estudio permitió proponer una nueva unidad litoestratigráfica con rango estratigráfico de formación: **Formación La Compañía**, con base en el **análisis de facies** y su posición estratigráfica, los resultados obtenidos en el estudio, permiten descartar a esta localidad como parte de la Formación San Juan Raya, cuya justificación se presenta en el capítulo de **discusión**. También se realizó una valoración de la historia interna evolutiva de la Cuenca de Zapotitlán, se caracterizó estratigráficamente esta nueva localidad fosilífera, la cual se encuentra actualmente en estudio por parte de la comunidad paleontológica.

El sur del Estado de Puebla se caracteriza por su buena exposición de rocas sedimentarias del Cretácico, tanto en el ámbito de rocas clásticas como carbonatadas marinas, siendo una región destacada a nivel mundial por su contenido fósil. El área de estudio se ubica al noroeste del poblado La Compañía perteneciente al municipio de Caltepec, y al sur del poblado de San José Dixiñado, municipio de Zapotitlán, ambos en el sur del Estado de Puebla,

comprendida en las coordenadas UTM: 14Q (654,000 mE, 2'013,000 mN); (658,500 mE, 2'013,000 mN); (658,500 mE, 2'016,000 mN); (654,000 mE, 2'016,000 mN).

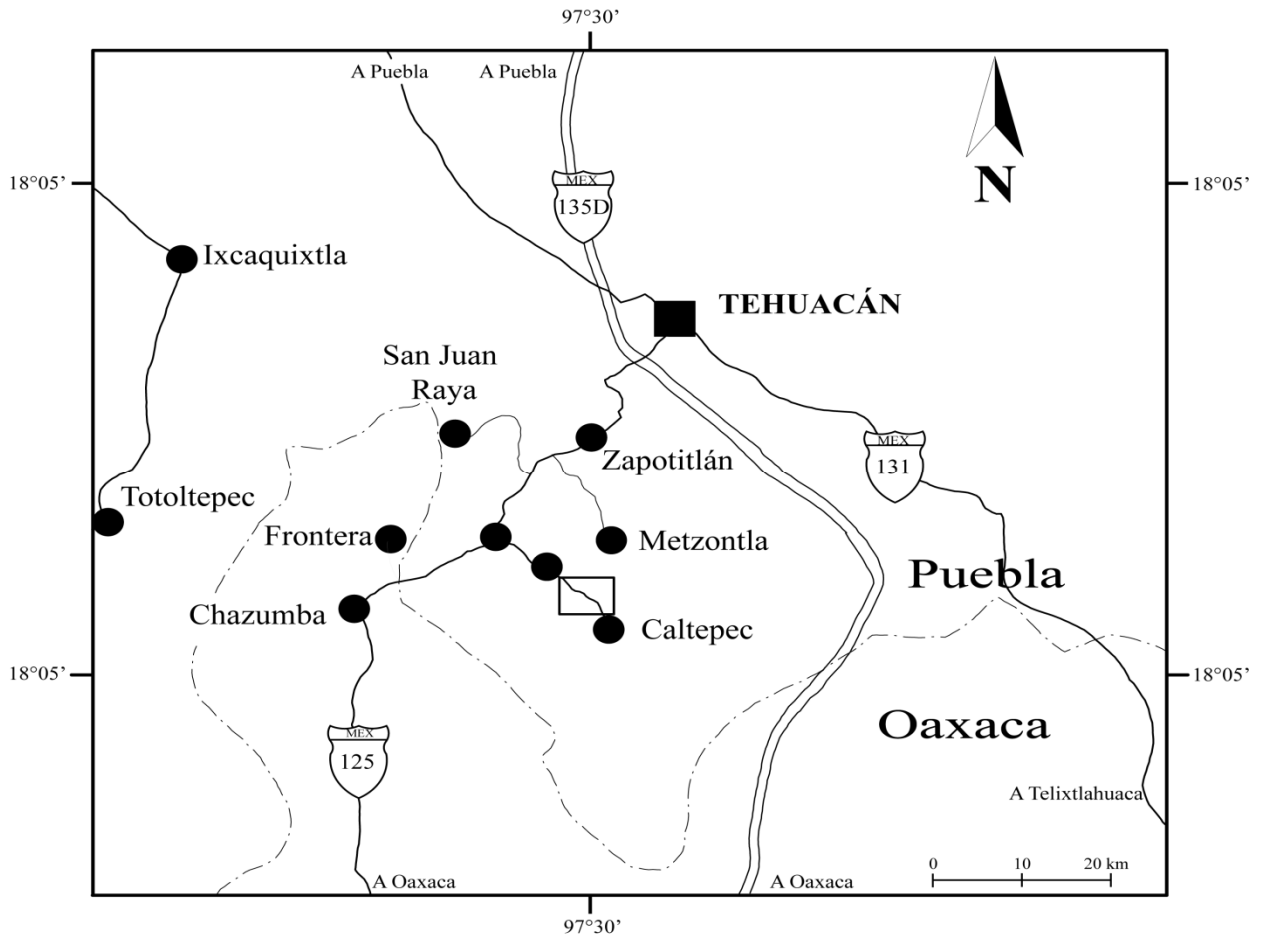


Figura 1. Mapa de Localización, el área de estudio esta representado por el rectángulo.

En la región se han realizado diferentes estudios geológicos, sin embargo la sucesión expuesta en el área de estudio habían sido cartografiada por diferentes autores como parte de la Formación Zapotitlán o como “Lechos Rojos”: Calderón (1956) cartografió a las rocas como Miembro Agua del Burro de la Formación Zapotitlán, mientras que Barceló-Duarte (1978) las asciende jerárquicamente como Formación Agua del Burro. También han recibido el nombre de Conglomerado Rojo (López-Ticha, 1985; Castro-Mora y Pacheco, 1986; Hernández-Láscares y Buitrón-Sánchez, 1992). Posteriormente Hernández-Láscares (2000) hace una descripción de las mismas conservando el nombre de Lechos Rojos; Martínez-Álvarez *et al.* (2001) las describen como Formación Zapotitlán y Formación Tecomazúchil respectivamente.

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar las rocas sedimentarias cretácicas del sector sur de la cuenca de Zapotitlán en el área de La Compañía.

Objetivos específicos

1. Elaborar un mapa de litofacies a escala 1:10,000 para conocer la geometría de las unidades y poder determinar los cambios de facies tanto lateral como verticalmente.
2. Caracterizar y describir las litofacies de la Formación La Compañía.
3. Establecer el modelo de facies y el ambiente de depósito en el que se acumuló la Formación La Compañía.

Metodología

Para caracterizar una Formación geológica desde el punto de vista sedimentario, se tienen los siguientes criterios: análisis litoestratigráfico, análisis de litofacies, y el análisis de biofacies y microfacies. El primero es una aproximación descriptiva regional. En cambio el análisis de litofacies es la descripción de las características físicas presentes en la roca a escala de estratos o conjuntos de estratos. El análisis de microfacies realiza una evaluación detallada de los componentes paleontológicos, composicionales y texturales, a partir de los afloramientos de rocas carbonatadas.

En el presente trabajo se consideraron tres etapas: 1) consulta de material bibliográfico y trabajo previo de gabinete; 2) trabajo de campo; y 3) análisis e interpretación de los datos.

1. La primera etapa consistió en la búsqueda y consulta de información general de la zona de estudio. Información de tipo geológica, bioestratigráfica, paleontológica y estructural. Simultáneamente se realizó la interpretación fotogeológica de la región. Se preparó la base topográfica a escala 1:10,000 a partir de la carta topográfica ATZUMBA E14-B85 (INEGI, 1987), de escala original 1:50,000, con el objeto de cartografiar con detalle las distintas litofacies.

2. El trabajo de campo, se realizó mediante caminamientos a lo largo del área de estudio, para determinar los contactos geológicos, descripción de los afloramientos y delimitar la extensión de las litofacies identificadas. Todo ello utilizando mapa, receptor GPS y brújula. Además de la toma de muestras para su posterior estudio en láminas delgadas, bajo el microscopio; también se hizo una colecta de fósiles presentes en algunas litofacies.
3. En la última etapa se realizó la construcción de un mapa de litofacies y un modelo de facies. Se elaboraron secciones geológicas representativas del área de estudio. Se hizo la descripción de las diferentes litofacies identificadas: considerando la litología, la granulometría, la geometría de sus estratos, las estructuras sedimentarias primarias y el contenido fósil. Por medio de la observación de láminas delgadas con el microscopio de polarización binocular se caracterizaron las litofacies petrográficamente; precisando la clasificación de los carbonatos con el criterio propuesto por Dunham (1962) y Folk (1962); en el campo se aplicaron la clasificación propuesta por Embry y Klovan (1971). Además se seleccionaron aquellas láminas que contenían microfósiles los cuales fueron clasificados por la Dra. Carmen Rosales del Instituto Mexicano del Petróleo, con el propósito de obtener la edad de las unidades bioestratigráficas.

Finalmente se elaboró el modelo de facies y sus ambientes de paleosedimentación en el área de estudio.

II. Marco Geológico

El área de estudio La Compañía está ubicada en el borde oriental del Terreno Mixteca (Campa y Coney, 1983) (figura 2). El límite entre los complejos Acatlán del Paleozoico por el occidente y Oaxaqueño del Mesoproterozoico al oriente, está representado por el Granito Cozahuico, el cual se emplazó a lo largo de la falla de Caltepec; la cual aflora en el área de estudio (Elías-Herrera *et al.*, 2005).

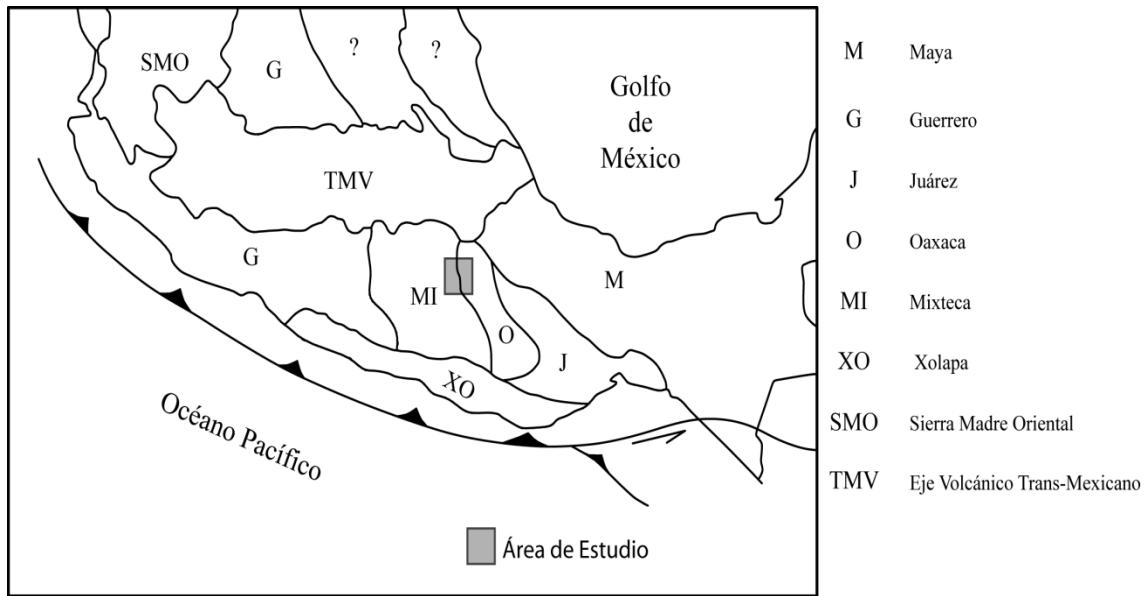


Figura 2. Terrenos Tectonoestratigraficos del sur de México, modificado de Campa y Coney (1983).

Las rocas más antiguas que se presentan en la región son los esquistos del Complejo Acatlán con una edad de 391 Ma (Elías-Herrera *et al.*, 2005) y el Granito Cozahuico con edad de 275.6 ± 1 Ma (Elías-Herrera *et al.*, 2005), ambos del Paleozoico; posteriormente se depositaron en forma discordante las rocas de la Formación Matzitzi (Pérmico). Para el Jurásico diversos autores han reportado rocas clásticas continentales a las que denominan genéricamente como “Lechos rojos” los cuales se depositaron en forma discordante sobre el basamento. Para el Cretácico se acumularon las rocas de las formaciones Zapotitlán (Barremiano), San Juan Raya (Aptiano) y Miahuatepec (Aptiano), estas formaciones corresponden al Cretácico Inferior (Calderón, 1956). Durante el Albiano-Cenomaniano se depositaron las rocas de la Formación Cipiapa (Calderón, 1956). Las rocas más jóvenes son rocas volcánicas del Cenozoico (figuras 3 y 4).

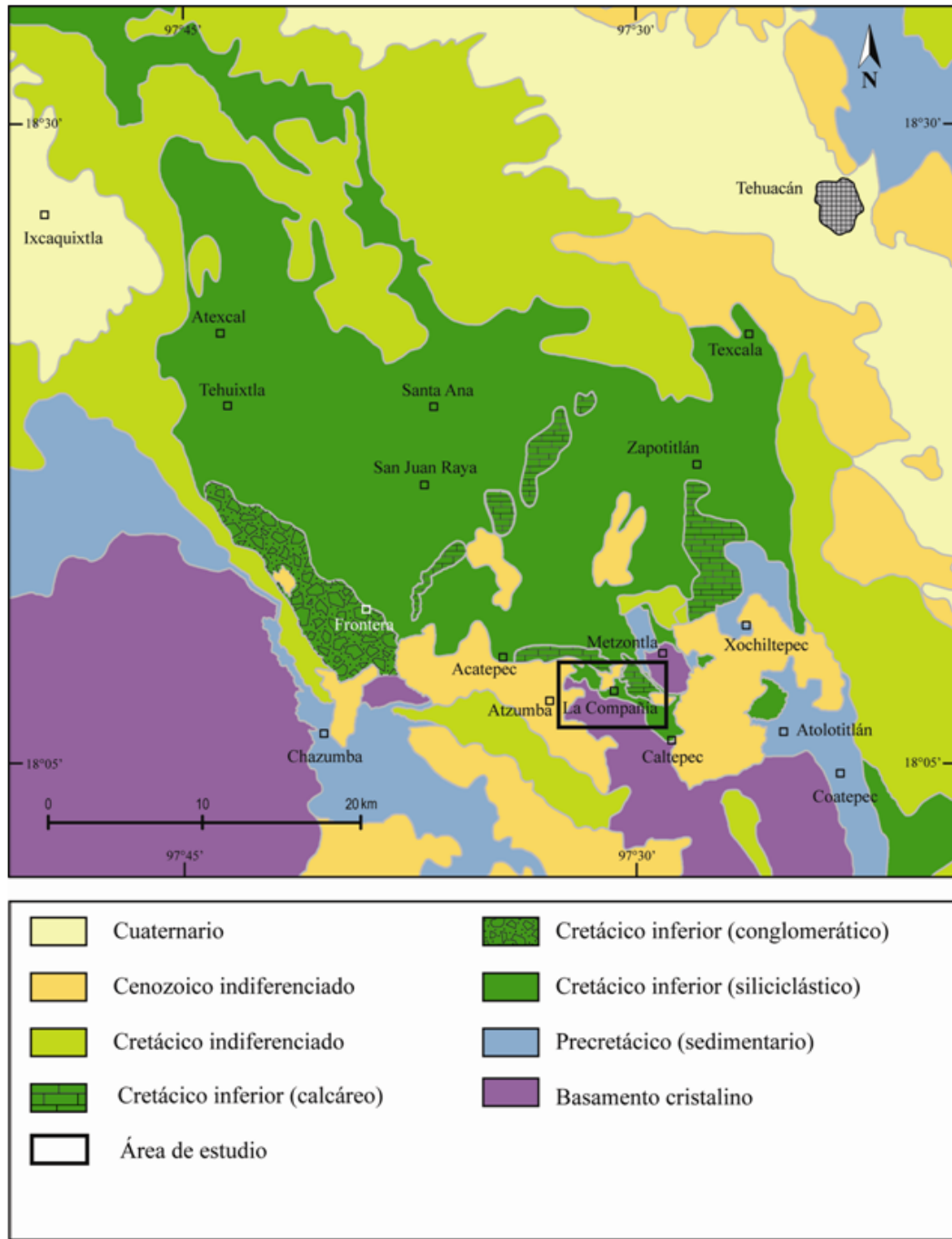


Figura 3. Mapa Geológico Regional: El basamento cristalino incluye las rocas de los complejos Oaxaqueño y Acatlán, así como al Granito Coahuico. Las rocas de las formaciones Metzontla, Matzitzi y Lechos Rojos se encuentran agrupadas como precretácico (sedimentario); como Cretácico inferior (siliciclástico) se incluyen las formaciones Zapotitlán y San Juan Raya; como Cretácico Inferior (conglomerático) al Miembro Agua del Cordero; en el Cretácico Inferior (calcáreo) al Miembro Agua del Burro; y para el Cretácico indiferenciado se agrupan la formaciones Miahuatepec y Cipiapa. Elaborado a partir de Calderón (1956) y la carta geológica Orizaba E14-6 (INEGI, 1994).

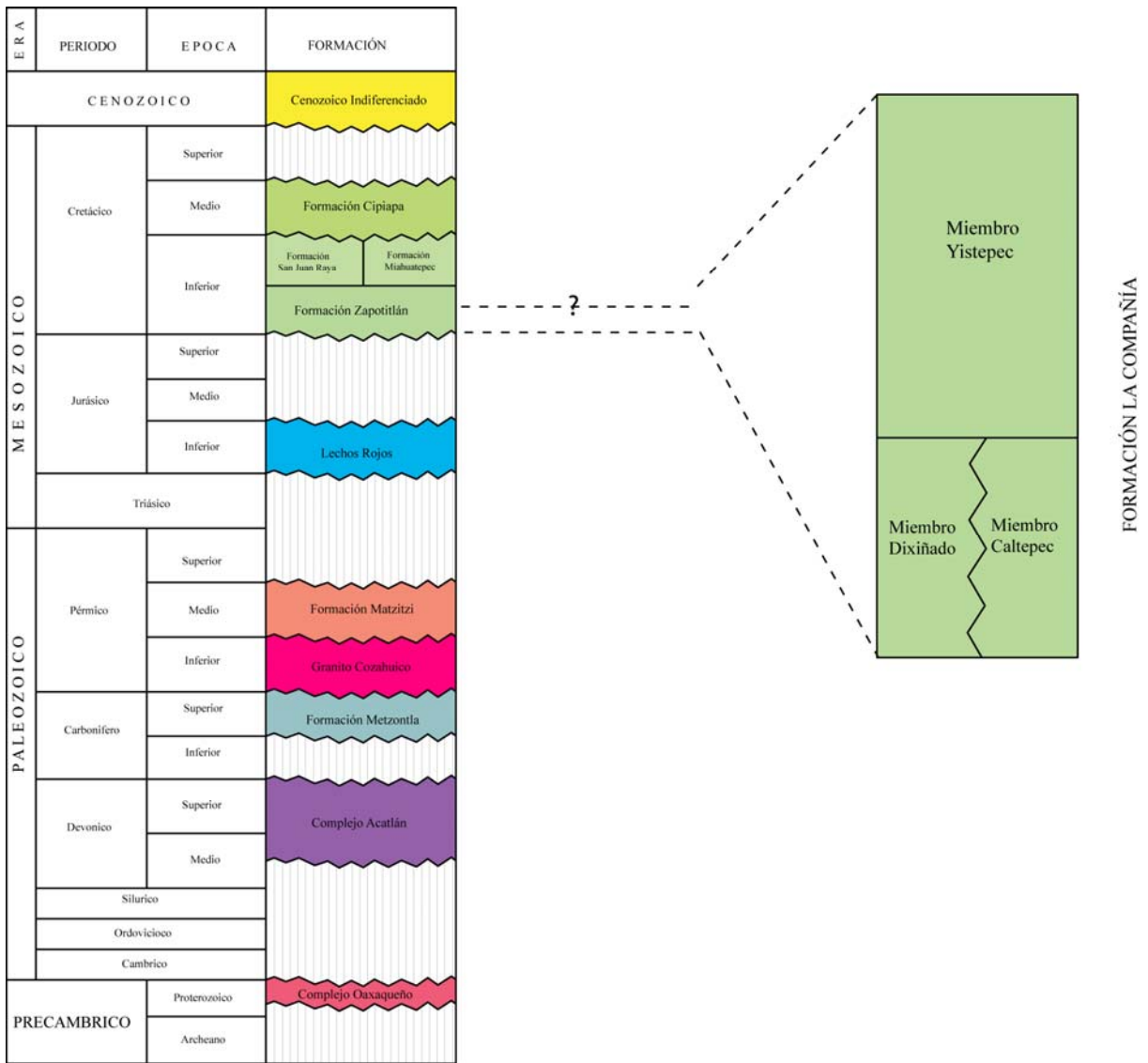


Figura 4. Columna estratigráfica general. A la derecha se presenta la columna estratigráfica propuesta para la Formación La Compañía.

Basamento

El basamento está conformado en el área de estudio por las rocas del Complejo Acatlán y el Granito Cozahuico, mientras que las rocas del Complejo Oaxaqueño, con una edad de aproximadamente entre 1.1 a 0.94 Ga (Centeno-García *et al.*, 2009), afloran al noreste del área de estudio, en el poblado de Los Reyes Metzontla (figura 3). Los esquistos del Complejo Acatlán, con una edad de al menos 391 Ma, afloran en el sector suroeste del área; el Complejo Acatlán se observa deformado, con una foliación muy marcada y presenta segregaciones de cuarzo, representa de la deformación y polimetamorfismo por colisión de rocas sedimentarias

siliciclásticas y rocas volcánicas, que se metamorfizaron en condiciones de bajo a alto grado, aproximadamente hace 354 Ma (Ortega-Gutiérrez, 1978; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1999; Elías-Herrera *et al.*, 2005).

El granito Cozahuico de grano grueso a medio, tiene sus bordes delimitados por fallas, se emplazó a lo largo de la Falla de Caltepec, extendiéndose en dirección NW-SE (Elías-Herrera, *et al.*, 2005), sus afloramientos se pueden apreciar en el sector meridional, al sur del poblado de La Compañía (mapa de litofacies anexo). Elías-Herrera *et al.* (2005) reportan una edad de emplazamiento U/Pb de 275.6 ± 1 Ma para el granito Cozahuico.

El Complejo Oaxaqueño aflora fuera del área de estudio hacia el noreste, al sureste del poblado de los Reyes Metzontla (figura 3), está conformado por bandas de gneises granulíticos gabroicos-dioríticos y tonalíticos alternados con bandas de gneises graníticos. Estructuralmente los gneises se caracterizan por un bandeamiento con rumbo general NW-SE y con una inclinación subvertical al SW y NE. Al oriente está cubierto discordantemente por la Formación Matzitzi, los Lechos Rojos del Cretácico Inferior; conglomerados, rocas volcánicas y sedimentos lacustres Cenozoicos (Elías-Herrera *et al.*, 2005; Centeno-García *et al.* 2009).

Formación Metzontla

Se encuentra aflorando en el poblado de los Reyes Metzontla, subyaciendo en forma discordante a la Formación Matzitzi; Elías-Herrera *et al.* (2008) la describen como una secuencia meta-volcanosedimentaria, polideformada y metamorfizada en facies de esquistos verdes, compuesta de filitas, calcarenitas, metacalizas y esquistos verdes; la cual descansa en forma discordante sobre el Complejo Oaxaqueño y subyace en discordancia angular a la Formación Matzitzi; se le asigna una edad pensilvánica.

Formación Matzitzi

Calderón (1956) denomina informalmente como Formación Matzitzi del Jurásico Medio (?), a la secuencia arcósica portadora de plantas fósiles que Aguilera (1896) reportó inicialmente del Triásico Tardío. Estudios posteriores realizados por Silva-Pineda (1970), Weber *et al.* (1987) demostraron la edad Paleozoica tardía de la unidad.

La Formación Matzitzi descansa discordantemente sobre el basamento metamórfico, y en discordancia angular con la Formación Metzontla. Se compone esencialmente de una sucesión clástica formada principalmente por arenisca y, en menor proporción, por estratos o paquetes de estratos de lutita, lodolita carbonosa, arenisca conglomerática y conglomerado; contiene escasas intercalaciones de capas delgadas de limolita que aparentemente fueron tobas, presenta una gran variedad de plantas fósiles; en el poblado de San Luis Atolotitlán y en sus alrededores se encuentra un afloramiento extenso de una ignimbrita (Centeno-García *et al.*, 2009).

La Formación Matzitzi está expuesta a lo largo del camino de terracería que comunica a los pueblos de Los Reyes Metzontla, Xochiltepec, San Luis Atolotitlán y Coatepec, Puebla (figura 3).

Lechos Rojos

Diversos autores (Calderón, 1956; López-Ticha, 1985; Castro-Mora y Pacheco, 1986; Hernández-Láscars, 2000; Hernández-Láscars y Buitrón-Sánchez, 1992; González-Hervert *et al.* 1984) han denominado como “Lechos Rojos” a todas las sucesiones de rocas clásticas continentales que afloran en la región, asignándoles una edad del Jurásico con base únicamente en su posición estratigráfica y la presencia de plantas fósiles: se han referido al Liásico por la presencia de plantas muy parecidas a las descritas del Liásico de Oaxaca, desconociéndose cual es el verdadero alcance superior de estas rocas por la falta de fósiles índice. Se cree que representan la sección del Jurásico Medio y posiblemente del Jurásico Superior (Calderón, 1956; Hernández-Láscars, 2000). Estas unidades de Lechos Rojos afloran al sur de la Sierra de Santa Rosa, en las cercanías de Chazumba, Oaxaca (al poniente del área de estudio). Son areniscas de grano grueso y medio, en partes conglomeráticas, de color café y rosado, con estratificación cruzada, intercalados con arcillas bentónicas (Calderón, 1956; Hernández-Láscars, 2000). De acuerdo a Calderón (1956) esta unidad descansa discordantemente sobre la Formación Matzitzi y subyace a la Formación Cipiapa del Albiano-Cenomaniano.

González-Hervert *et al.* (1984) describen en el área de La Compañía como “Lechos rojos” a los conglomerados polimícticos de estratificación gruesa, compuestos por fragmentos redondos a subredondeados de rocas ígneas, metamórficas, arenisca y cuarzo, con clastos de caliza, en una matriz arcillo-arenosa, cuyo tamaño de clastos varía entre 5 y 20 cm, se observan intercalados con areniscas conglomeráticas; a veces presenta estratificación gradada.

Hernández-Láscares (2000) los describe en el área de Caltepec, como un conglomerado polimíctico, composicionalmente variable de clastos entre 5 a 8 cm., con intercalaciones de capas de arenisca de grano medio y grueso en parte conglomeráticas, intercalados con arcillas bentónicas de color rojo y limolita. La matriz es arenosa-arcillosa, la estratificación es gruesa hasta un metro de espesor. El color dominante varía de café rojizo a café oscuro. Esta unidad forma lomas medianamente altas y alargadas.

Los afloramientos de lechos rojos que afloran dentro del área de estudio, en la parte suroriental de la misma, mencionadas por González-Hervert *et al.* (1984) y Hernández-Láscares (2000), serán descritas con detalle más adelante en los Capítulos III y IV.

Formación Zapotitlán

El nombre de Formación Zapotitlán fue utilizado por Aguilera (1906) para nombrar a una serie de lutitas y lutitas con bancos margosos que afloran en las cercanías del poblado de Zapotitlán. Dicha Formación se encuentra aflorando desde el norte de San Antonio Texcala, hasta el sur de los Reyes Metzontla; al este desde las Sierras de Miahuatepec y Atzingo; al oeste desde Frontera hasta Xochiltepec.

Calderón (1956), Buitrón-Sánchez (1970) y Hernández-Estevez (1980) describen esta Formación como lutita calcárea gris, micácea, de estratificación delgada, con intercalaciones de marga gris, arenisca gris de grano fino, calcárea, micácea y bancos gruesos de caliza gris con abundantes monopleuras y nerineas. Barceló-Duarte (1978), Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980) mencionan que esta unidad está constituida por lutita, lutita calcárea, marga y arenisca y resaltan que en la parte basal presenta una mayor abundancia de carbonatos, los cuales disminuyen hacia la cima de la unidad. Tanto los estratos como los bancos de caliza presentan espesores variables que van desde 10 cm hasta 2 m de espesor. La unidad conserva estructuras de rizaduras a pesar de su fuerte plegamiento en las zonas más bajas dentro de la

Formación. Calderón (1956) describe además a los miembros Agua del Burro y Agua del Cordero. Con base en su contenido fosilífero, Alencaster (1956) y Buitrón-Sánchez (1970) le asignan una edad del Barremiano temprano.

Miembro Agua del Cordero

Está constituido por conglomerados heterogéneos sublitarenosos de color gris, rojizo y gris verdoso, en capas de 20 cm a 1.5 m de espesor, posee bandeamiento interno, el tamaño de los clastos varían desde muy finos hasta muy gruesos, los cuales eran de cuarzo y esquisto. El conglomerado se encuentra interestratificado con arenisca de color rojo y gris, en estratos de 4 a 50 cm de espesor; así como de lutita de color gris y gris verdoso. Se le asigna una edad para el Barremiano Tardío-Aptiano Temprano (Barceló-Duarte, 1978). Ortega-Gutiérrez (1970) realizó estudios en la zona de Tehuacán y propone que el Miembro Agua del Cordero de la Formación Zapotitlán sea elevado al rango de *Formación*, con base en la presencia de horizontes aptianos en la parte superior de la unidad, lo que indica una interdigitación con la Formación San Juan Raya. Con lo que propone que su edad sería Barremiano al Aptiano.

Miembro Agua del Burro

La litología predominante incluye calizas de color gris, compactas, en bancos que varían de 1 a 5 m de espesor, con gran cantidad de vetillas de calcita. Hacia la parte basal, el espesor de los estratos disminuye hasta 40 y 60 cm, encontrándose intercalaciones de areniscas calcáreas y lutitas calcáreas. Las areniscas calcáreas son de color gris en estratos de 20 a 30 cm de espesor, con vetillas de calcita, las lutitas, también calcáreas, son de color gris verdoso en estratos de 2 a 15 cm de espesor. Barceló-Duarte (1978) en sus estudios en el área de San Juan Raya propone elevar al rango de formación al Miembro Agua del Burro y la restringe al Barremiano Tardío.

Formación Miahuatepec

Esta unidad aflora en las sierras de Miahuatepec y Atzingo al este del poblado de Zapotitlán (figura 3), las cuales constituyen el borde occidental del Valle de Tehuacan, Puebla (Calderón, 1956). Calderón (1956) menciona que la parte basal de esta unidad está constituida por una alternancia de caliza con estratificación delgada y con pedernal negro. Hacia la cima

de la unidad se presenta interestratificada con capas delgadas de margas y no existe pedernal o se encuentra en forma de nódulos.

Barceló-Duarte (1978) describe la parte basal, constituida de calizas color gris negro que se meteorizan en gris plomo, en estratos que varían desde 70 cm hasta 2 m de espesor, con nódulos y bandas de pedernal negro de 2 a 10 cm de espesor. Hacia la base, existen estratos de margas gris amarillento, en capas de 2 a 20 cm de espesor. Estos estratos son menos frecuentes al subir estratigráficamente.

La edad aptiana asignada a esta formación, se basa en las relaciones estratigráficas que guarda con el resto de las unidades aflorantes en la región, así como en su contenido fósil (Calderón, 1956; Barceló-Duarte, 1978; Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte, 1980). A pesar de que en esta Formación se han encontrado restos de peces (escamas), fragmentos de paquiodontos e impresiones de pelecípodos, la Formación Miahuatepec se considera una unidad pobre en contenido fósil (Calderón, 1956; Barceló-Duarte 1978).

Esta unidad sobryace de manera concordante a la Formación Zapotitlán y subyace discordantemente a los depósitos de la Formación Tehuacán (Calderón, 1956; Barceló-Duarte, 1978); ambos autores señalan que esta unidad cambia de facies lateralmente a la Formación San Juan Raya.

Formación San Juan Raya

Si bien los primeros estudios paleontológicos del área de San Juan Raya fueron elaborados por europeos durante el siglo XIX, es Aguilera (1906) quien realiza los primeros trabajos acerca de la geología de Tehuacán y denomina a esta unidad Formación San Juan Raya; la divide, basado en su contenido fósil, en la “subdivisión San Juan Raya” (parte inferior) y la “subdivisión Temaxcalapa” (parte superior). Calderón (1956) realiza un estudio detallado de esta unidad y aclara que en el trabajo de Aguilera (1906) se incluyeron dentro de la Formación San Juan Raya depósitos continentales del Terciario ahora denominados Formación Tehuacán, así como parte de los estratos Barremienses perteneciente a la Formación Zapotitlán y otras del Albiano.

Calderón (1956) describe afloramientos de esta unidad en la zona de San Juan Raya-Atexcal. De acuerdo con este autor su distribución está limitada al norte por la Sierra de Tehuacán y al sur por el Cerrito Colorado y parte de Frontera, Puebla. Aguilera (1906) describe la alternancia de caliza verde o amarilla con lutitas amarillas o grises, fosilíferas, que en ocasiones puede ser café o rojizo y sin fósiles. Burckhardt (1930) describe esta unidad como rocas verdes o verdosas generalmente calcáreas y de grano fino, intercalada con capas delgadas de brecha fina de cuarzo; esquisto verdoso y verde, en ocasiones gris, café o rojizo y bancos de moluscos. Salas (1949) describe a las “Capas San Juan Raya” como lutita verde bien estratificada con abundante contenido fósil, intercalada con arenisca de grano mediano a fino con abundante óxido de hierro que en ocasiones forma concreciones. De acuerdo con este autor se encuentran capas delgadas de ostreas, que pueden llegar a formar grandes bancos, los cuales están cementados por carbonato de calcio y limolita.

Calderón (1956) la describe como una alternancia de caliza verde o amarilla con lutita gris verdosa que intemperiza a verde amarillento, calcárea, micacífera, con intercalaciones de bancos fosilífero de nerineas, corales y ostreas, de 3-20 cm de espesor, que forman coquinas, que en ocasiones puede ser café o rojizo. Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980) describen la litología de esta unidad formada por lutita de color gris verdoso y gris en estratos de 2-30 cm de espesor; con capas erráticas de 10-20 cm de lutita de color gris violáceo y capas de lutita calcárea de 1-5 cm de espesor, que contienen gran cantidad de huellas y pistas, intercaladas con arenisca y arenisca calcárea de color gris y gris verdoso de grano fino a medio en estratos de 2-50 cm de espesor; muy fracturadas y con gran cantidad de vetillas de calcita en donde se presentan bancos de nerineas, corales y ostreas que forman coquinas. Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980) le asignan una edad del Aptiano para esta formación, basados en su contenido fósil.

Dado el gran contenido de fósiles de esta unidad, se han realizado numerosos estudios donde se describen ampliamente los diferentes géneros y especies que la conforman; por lo que se mencionan los trabajos más relevantes. Nyst y Galeotti (1839 *en* Aguilera, 1906) reportan por primera vez la presencia de fósiles en la región; Felix y Lenk (1891 *en* Aguilera, 1906) estudian los gasterópodos; Aguilera (1906) reporta la presencia de nuevas especies de gasterópodos, pelecípodos, ostreidos, escasos cefalópodos, corales y esponjas, mientras que Müllerried (1934) reporta numerosos ejemplares de rudistas, pelecípodos, amonites, y

gasterópodos; también presenta un listado de especies de corales así como de equinoides, esponjas, briozoarios, belemnites y foraminíferos; menciona la presencia de madera fósil. Alencaster (1956) describe especies de bivalvos y gasterópodos.

Reyerros-Navarro (1963) revisa y clasifica los corales de la colección del Instituto de Geología colectados por Aguilera en la región, mientras que Buitrón-Sánchez (1970) hace lo mismo con la colección de equinodermos. Segura-Vernis y Rodríguez-Torres (1972) describen la microfauna, principalmente la presencia de foraminíferos. González-Arreola (1974) describe los amonoideos. Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980) mencionan que los gasterópodos son el grupo dominante en la región describiendo específicamente los géneros *Nerinea* y *Cassiope*. Hernández-Lascares y Galván-Mendoza (1990) describen la presencia de braquiópodos. Feldmann *et al.* (1995) hacen el primer reporte de crustáceos. Zárate-Villanueva y Quiroz-Barroso (2002), Mora-Almazán y Quiroz-Barroso (2006) señalan la presencia de bivalvos perforadores (de coral y de madera). Löser (2006) realiza una revisión de los corales colectadas por Felix y Lenk (1891). Finalmente, Rodríguez-De la Rosa *et al.* (2004) y Rivera-Sylva *et al.* (2006) mencionan la presencia de huellas de dinosaurios ornitópodos, terópodos y saurópodos en esta unidad.

Formación Cipiapa

De acuerdo con Calderón (1956) aflora al poniente de Tehuacán, al norte de San Ana, al poniente de Atexcal y Tehuixtla, y al poniente de Atolotitlán. Aguilera (1906) describe esta unidad como estratos de caliza con intercalaciones de lutitas. De acuerdo con Calderón (1956) esta unidad está compuesta por caliza gris de hasta 6 m de espesor y ocasionalmente bancos delgados de 20 cm, presenta nódulos de pedernal gris humo paralelos a la estratificación e intercalaciones delgadas de margas amarillas de 5-10 cm de espesor. Barceló-Duarte (1978) describe a esta unidad como caliza gris y café, en cuya base se encuentran algunos estratos delgados de 20-40 cm de espesor, mientras que hacia la parte media y superior de esta unidad se encuentran bancos de 5-10 m de espesor; contiene vetillas de calcita y nódulos de pedernal.

Esta unidad sobreyace discordantemente a varias formaciones; al norte descansa sobre las formaciones Zapotitlán y San Juan Raya; mientras que al sur lo hace sobre rocas continentales del Jurásico, y sobre los miembros Agua del Cordero y Agua del Burro de la Formación Zapotitlán (Calderón, 1956), así como a las rocas metamórficas del Complejo Basal.

Inicialmente Aguilera (1906) menciona que esta unidad carece de contenido fósil, sin embargo Erben (1956) señala que aunque existe un escaso contenido fósil se presentan algunas especies de foraminíferos y rudistas: por otro lado, Calderón (1956) menciona una gran abundancia de paquiodontos (*Toucasia* sp., *Monopleura*) y foraminíferos (*Massilina*, *Spiroplectammina*, *Guttulina*, *Orbitolina*, *Bigenera*), así como ostrácodos y algas coloniales (*Girvanella*). Calderón (1956) infiere una edad de Cenomaniano con base en su posición estratigráfica. Buitrón-Sánchez (1970) asigna una edad de Albiano Temprano para esta Formación, mientras que Barceló-Duarte (1978) y Feldmann *et al.* (1995) infieren una edad de Albiano-Cenomaniano.

III. Formación La Compañía

La Formación La Compañía por su contenido de macrofósiles es muy similar a la Formación San Juan Raya. En el presente trabajo se considera que las rocas de la Formación La Compañía se depositaron en ambientes diferentes a los descritos para la Formación Zapotitlán, además de que su posición estratigráfica es diferente a la de Formación San Juan Raya, encontrándose por debajo de esta última. En este capítulo se hará una descripción y caracterización de las rocas que pertenecen a la Formación La Compañía desde el punto de vista litoestratigráfico; dividiéndola en tres miembros, el Miembro Caltepec constituido por conglomerados; el Miembro Dixiñado, el cual está representado por una intercalación de conglomerado-arenisca y arenisca-caliza; por último tenemos el Miembro Yistepec, constituido por calizas.

Antecedentes

El primero en hacer estudios en la zona de Tehuacán y sus inmediaciones es Aguilera (1906). Originalmente las rocas de la Formación La Compañía fueron cartografiadas como parte de la Formación Zapotitlán; Calderón (1956) la considera como Miembro Agua del Burro de la Formación Zapotitlán. Las rocas que más adelante se caracterizan como la asociación de facies de abanicos aluviales han sido descritas como Lechos Rojos (Calderón-García, 1956), y también han recibido el nombre de Conglomerado Rojo (López-Ticha, 1985; Castro-Mora y Pacheco, 1986; Hernández-Láscares y Buitrón-Sánchez, 1992), posteriormente Hernández-Láscares (2000) hace una descripción de las mismas conservando el nombre de Lechos Rojos.

Distribución

La Formación La Compañía se presenta aflorando en las inmediaciones del poblado homónimo, extendiéndose hacia el norte hasta el poblado de San José Dixiñado; aflora en la cima del cerro Yistepec al noreste del poblado La Compañía, con una tendencia NW-SE (Mapa de litofacies anexo), fuera del área de estudio se extiende hacia el noreste.

Litología y espesor

La Formación La Compañía presenta una gran variedad de cambios de facies tanto vertical como lateralmente, los cuales van de la base a la cima, desde conglomerado a conglomerado-arenisca a arenisca-caliza a caliza arrecifal, relacionadas entre sí en forma rítmica, y gradual, observándose una interdigitación lateral entre ellas; estas asociaciones se describirán con detalle en el Capítulo IV.

En general se describe a la unidad a partir de la base, como una intercalación de rocas conglomeráticas en estratos masivos y lenticulares, que a la intemperie presentan colores ocres; los estratos varían de entre 50 cm a 7 m de espesor; los estratos presentan gradación granular tanto creciente como decreciente; la granulometría varía de gravas finas a gruesa, abundando los fragmentos de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico, y en menor proporción gneis, micas, fragmentos de rocas volcánicas y arenisca. Se encuentran intercalados con subarcosas que cambian a facies de calcarenita, conforme ascendemos estratigráficamente, los estratos son lenticulares y algunos son tabulares de entre 1 a 5 m; a la intemperie se presentan de forma nodular y en colores ocres; texturalmente son arenas gruesas a finas, de cuarzo, feldespato, micas, y fragmentos de arenisca, granito y esquisto; presentan gradación granocreciente, laminación paralela y ondulada, así como estratificación cruzada; presenta fósiles de tipo marino.

En el área de estudio, se encuentran distribuidos biohermas, con espesores muy variables desde 1 m hasta más de 20 m; las calizas varían desde wackestone a boundstone, en estratos tabulares y lenticulares, los cuales varían de 15 cm a 1.5 m; son de color gris claro, a la intemperie presenta colores ocres y una meteorización en forma nodular; se observan una gran cantidad de fragmentos de fósiles retrabajados. El espesor de la Formación en el área es de aproximadamente 743.5 m.

Miembros

Miembro Caltepec, caracterizado por conglomerado rojo polimíctico, en estratos masivos irregulares, texturalmente inmaduros, mal clasificados, los clastos son muy angulosos a subredondeados de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico.

Miembro Dixiñado, constituido por dos sucesiones: la primera es una intercalación rítmica entre conglomerados y areniscas; en estratos masivos y lenticulares, texturalmente inmaduros, mal clasificados, de granos finos a gravas gruesas, presentan grietas de desecación, gradación grano creciente, gradación grano decreciente y estratificación laminar; la segunda una intercalación de arenisca calcárea-caliza, en estratos tabulares y lenticulares; se presenta una mayor abundancia de fósiles, así como mayor bioturbación.

Miembro Yistepec, consiste en estratos de calizas, calcarenitas y biolitas, de color gris; que meteorizan a color ocre y en forma nodular; en estratos lenticulares; con estratificación de masiva a mal desarrollada, con una abundancia de fósiles autóctonos.

Contenido fósil y edad

En el área de estudio se encuentran una gran cantidad de fósiles, los cuales varían de acuerdo a la facies en la que se encuentra; a continuación se presenta una lista de algunos de los ejemplares que ya han sido clasificados hasta el momento por diferentes autores:

Gasterópodos: *Cerithium bustamantii*, *Chenopus sp.*, *Cossmanea sp.*, *Cossmanea (Eunerinea) sp.*, *Cossmanea (Eunerinea) poblana*, *Cossmanea (Eunerinea) titania (Felix)*, *Craginia floresi (Alencaster)*, *Harpagodes? sp.*, *Lunatia praegrans (Roemer)*, *Microschiza (Cloughtonia) scalaris*, *Nerinea sp.*, *Nerinea galatea (Coquand)*, *Pyrazus scalariformis (Nagao)*, *Turritella minuta*, *Uchauxia fraasi (Blanckhorn)*, *Tylostoma aguilerai*. Clasificados por Biol. Javier Ortega Hernández.

Bivalvos: *Cardium costae? (Choffat)*, *Corbis (Sphaera) corrugata*, *Isognomon lamberti*, *Nododelphinula galeotti (Aguilera)*, *Pholadomya cf. pedernalis*, *Sphaera corrugata (Sowerby)*, *Retha tulae (Felix)*, *Amphitriscoelus primaevus*. Clasificados por Biol. Javier Ortega Hernández.

Corales: *Acanthocoenia*, *Actinastrea*, *Astraeofungia*, *Aulastraeopora*, *Cladophyllia*, *Coenotheca*, *Complexastrea*, *Diplogyra ?*, *Ellipsocoenia*, *Enallhelia*, *Eugyriopsis*, *Haplaraeidae ?*, *Holocoenia*, *Latusastrea*, *Ovalastrea*, *Pentacoenia*, *Plesiosmilia*, *Pleurocoenia*, *Polyphyloseris*, *Pseudomyriophyllia*, *Stylina*, *Stylosmilia*, *Thecosmilia*, *Tiarasmilia*. Clasificados por Dr. Hannes Löser.

Equinodermos: *Cidaris muellerriedi*, *Heteraster sp.* Clasificados por Biol. Javier Ortega Hernández.

Foraminíferos: *Ammobaculites sp.*, *Arenobulimina sp.*, *Choffatella sp.*, *Choffatella decipiens*, *Clypeina sp.*, *Dictyopsella sp.*, *Haplophragmoides sp.*, *Melathrokerion cf. valserinensis*, *Melathrokerion sp.*, *Salpingoporella sp.*, *Salpingoporella genevensis*, *Salpingoporella melitae*, *Spiroplectammina sp.*, *Triplasia sp.*, *Vernasiella sp.?* *Salpingoporella muehlbergii*. Clasificados por la Dra. Carmen Rosales.

Con base en el contenido fósil se le asigna una edad del Barremiano, a la Formación La Compañía.

Relaciones estratigráficas

Las rocas de la Formación La Compañía se depositaron en forma discordante sobre los esquistos del Complejo Acatlán y el Granito Cozahuico; las relaciones estratigráficas se observan claramente en la porción occidental del mapa (Anexo), tanto al poniente como en las inmediaciones del poblado La Compañía. A esta sucesión le sobreyacen discordantemente rocas volcánicas cenozoicas (Mendoza-Rosales y Silva-Romo, 2006) formado por basaltos y tobas, que son las rocas más jóvenes que se encuentran aflorando en el área de estudio; su contacto discordante se puede observar en la porción central y en las porciones oriental y occidental del área de estudio.

Estructura

En general se observa que las rocas de la Formación La Compañía se encuentran poco deformadas, condición que permitió distinguir las diferentes facies que se presentan. En el mapa anexo se puede observar la posición estratigráfica de Formación La Compañía, las cuales presentan un ligero buzamiento de la sucesión hacia el noreste; se debe resaltar que localmente, en el Cerro del Yistepec se tiene una estructura de tipo sinclinal, esto se puede observar en la sección C-C' (Mapa anexo). La sección A-A' se construyó perpendicular a la estructura para mostrar los cambios laterales entre las asociaciones de facies de la Formación La Compañía.

Sección A-A'

Esta sección tiene una orientación NW35°SE, está construida a rumbo de la estructura general, para mostrar los cambios de facies dentro de la Formación La Compañía. Se observa el basamento constituido por el granito Cozahuico y el Complejo Acatlán, los cuales se encuentran en contacto por falla inversa (Elías-Herrera et al. 2005). Sobre ellos se acumuló en forma discordante la Formación La Compañía; en este corte se observan los cambios de facies tanto laterales como verticales entre todas las asociaciones de facies: de forma interdigitada las de naturaleza predominantemente clástica, los calcáreos se intercalan en forma de lentes o parches en estas últimas. Las rocas cenozoicas cubren discordante a la Formación La Compañía, conformadas por tobos y basaltos acumulados horizontalmente.

Sección B-B'

Esta sección tiene un rumbo de NE50°SW, perpendicular a la sección A-A', presenta rasgos estructurales muy similares observándose nuevamente el basamento, así como el contacto por falla (Elías-Herrera et al. 2005), la relación discordante que guarda con las asociaciones de facies, aquí se observa también varios cuerpos lenticulares calcáreos dentro de la asociación predominantemente clástica y uno de mayor espesor a los otros corona a dicha asociación. En este corte se puede observar que el buzamiento de la cuenca es hacia el noreste

Sección C-C'

El rumbo de esta sección es NE69°SW, también perpendicular a la sección A-A' y casi paralela a la sección B-B'; aquí solo se tienen rocas del Granito Cozahuico como basamento, su relación discordante con las asociaciones de facies, la relación lateral que guardan y la discordancia que se presenta coronando al cerro del Yistepec y los cuerpos calcáreo dentro de la asociaciones predominantemente clásticas. Observándose la estructura de tipo sinclinal en el cerro Yistepec, antes mencionada. Aquí se puede observar la forma de la cuenca donde los límites de la misma eran las rocas preexistentes para el tiempo de depósito, y como se puede inferir un desnivel dentro de la misma, y la forma en la cual se depositaron probablemente las asociaciones de facies.

IV. Análisis de Facies de la Formación La Compañía

Una facies es el conjunto de características distintivas reconocibles en un cuerpo de roca que permite distinguirlo de los adyacentes. El análisis de facies se basa en la descripción detallada de las mismas, la cual provee los criterios para el estudio genético de sedimentos aplicando los modelos de facies (Mendoza-Rosales, 2004). Se utiliza para interpretar el ambiente de depósito y la paleogeografía para un tiempo determinado en el que se formó una unidad de roca. Permite realizar una interpretación paleosedimentaria más completa y extrapolar la información, correlacionando los cambios laterales, tanto en composición como en espesor.

Una *litofacies* es la descripción en el sentido del carácter litológico de una roca. La *Asociación de Facies* resulta de agrupar facies genéticamente relacionadas entre ellas, las cuales en conjunto tienen un significado ambiental. Mientras que una *Sucesión de facies* es el cambio progresivo de propiedades de una facies en una dirección específica, ya sea vertical o lateral. Interpretar en qué ambiente se formó una facies individualmente es difícil, para una correcta interpretación debemos de analizar a las facies en su conjunto, y se debe de analizar la sucesión en la cual se formaron. El *Modelo de Facies* es una poderosa herramienta en la interpretación de rocas sedimentarias pobremente expuestas, proporcionando una interpretación particular de la asociación o asociaciones de *facies*, con base en el medio ambiente de depósito.

Dada la gran variedad litológica reconocida en el área, se aplicaron los criterios de la metodología del **Análisis de Facies**, para comprender y explicar los cambios litológicos tanto verticales como laterales de las sucesiones estratigráficas con base en las características sedimentológicas, composicionales y texturales de las rocas, para establecer las litofacies y las asociaciones de las mismas, y para interpretar el paleoambiente sedimentario de su depósito. Para ello se elaboró un mapa de litofacies (Mapa anexo) y se utilizaron las columnas estratigráficas previamente medidas por la Ing. Claudia C. Mendoza Rosales (figuras 6, 7, 8).

Después de analizar la información previa y la generada en el trabajo de campo, laboratorio y en el gabinete, en el área de estudio se identificaron y caracterizaron cuatro asociaciones de facies en la Formación La Compañía, de acuerdo a los siguientes criterios:

1. El tipo de roca presente en cada una de ellas, su composición y variación textural, observándose parámetros estratigráficos de ciclicidad, así como la intercalación de dos o más tipos de rocas;
2. La geometría de los cuerpos de roca;
3. Las estructuras primarias y el contenido fósil, permitieron reconstruir el ambiente de depósito;

Estos criterios contribuyeron en la interpretación de los paleoambientes sedimentarios espacio-temporales de las facies identificadas en la Formación La Compañía.

Asociación de *Facies* Abanico Aluvial (Ki afab)

Esta asociación de facies, dentro del área de estudio, no es muy extensa, solo se presenta aflorando en las cercanías del poblado de La Compañía y en las faldas del Cerro Yistepec (Mapa Anexo); se depositó en forma discordante sobre el Granito Cozahuico, el contacto se observa en la parte sur de dicho poblado. Su extensión es de 1.5 km² y su espesor es de 279.5 m (figura 5). Está formada por una sucesión de rocas conglomeráticas de color rojo con intercalaciones de arcosas y lodolitas (figura 6). Los conglomerados son polimicticos, se presentan en estratos masivos irregulares, texturalmente inmaduros, mal clasificados, con abundantes clastos de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico; y en menor porcentaje gneis, rocas volcánicas, areniscas y algunas micas. Los clastos son muy angulosos a subredondeados, su tamaño varía de 3 a 20 cm. En algunas zonas se presenta laminación paralela o estratificación cruzada planar. El espesor de los estratos varían entre 0.5 a 2 m.

Las areniscas varían granulométricamente de muy gruesas (conglomeráticas) a muy finas; se presentan en estratos masivos; en ocasiones presentan laminación paralela y estratificación cruzada planar; los espesores de los estratos varían de 0.5 a 1 m, y contienen clastos de feldespato potásico, cuarzo, mica y líticos; se clasificaron como arcosas y subarcosas.

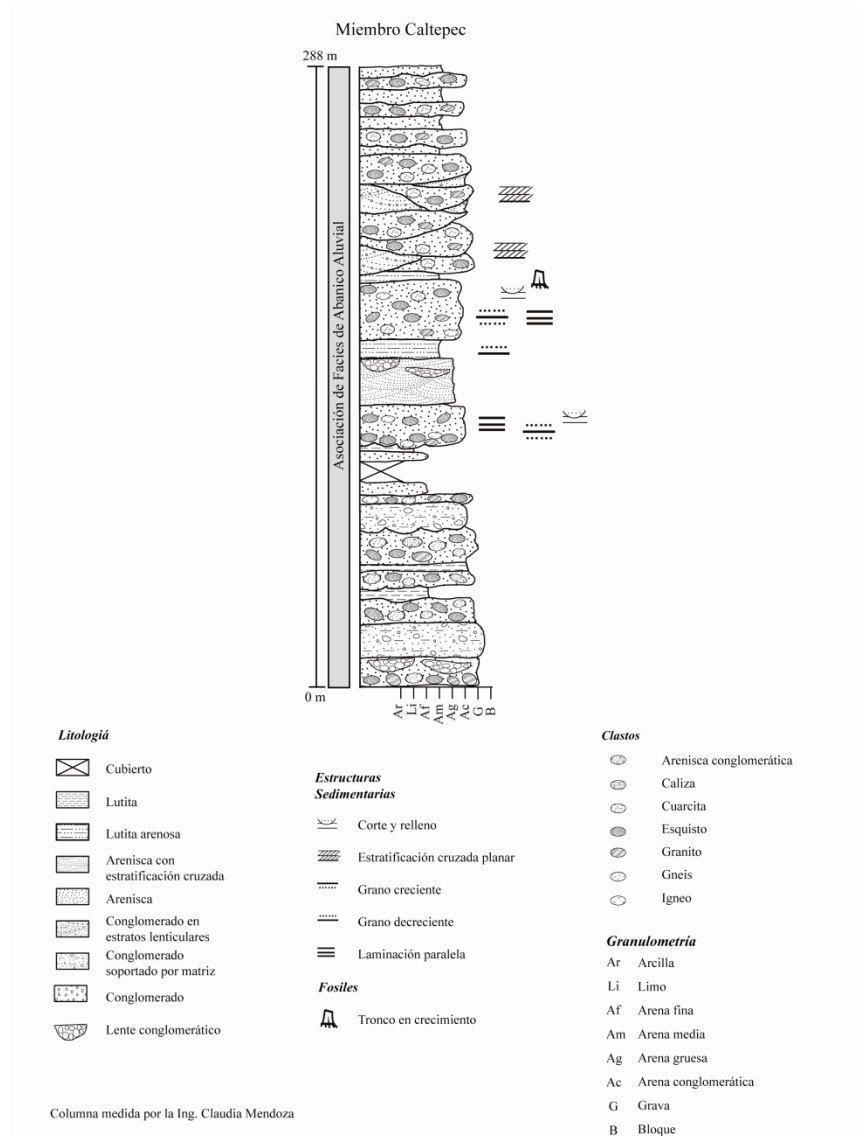


Figura 5. Columna medida del Miembro Caltepec, al oriente del poblado La Compañía (tomado de Mendoza-Rosales, en preparación)

Ambiente de depósito

Los sedimentos son gruesos, conglomerados y areniscas conglomeráticas (90%) y lodolita (10%) en estratos lenticulares; las estructuras son estratificación cruzada planar o paralela, gradación grano creciente y decreciente; los fósiles son escasos solo se encontraron restos de tronco arrastrados. En general se puede observar que la geometría de la asociación tiene una forma de abanico (Mapa Anexo). Se infiere que dichos sedimentos se depositaron en un ambiente que corresponde muy probablemente a un Abanico Aluvial.



Figura 6. Conglomerado polimíctico, intercalado con arcosa y limolita. Se puede observar la gradación grano creciente en el estrato de conglomerado y la angulosidad de los clastos de arenisca, gneis y granito; en las arcosas se aprecia laminación paralela.

Asociación de *Facies* Abanico de Marea (Ki afam)

Se presenta aflorando en la parte NW del poblado de La Compañía (Mapa anexo), extendiéndose hasta el poblado de San José Dixiñado con una dirección NE-SW; aproximadamente son 4 km², su espesor aproximado es de 189.5 m (figura 7); ésta se depositó interdigitada con la asociación de *facies* de Abanico Aluvial, relación que se observa en el sureste del área de estudio (Mapa anexo). Se presenta un cambio paulatino en su litología, tamaño de grano, geometría de los estratos, estructuras sedimentarias y en su contenido fosilífero; observándose una sucesión de *facies* en la dirección del depósito de los sedimentos que fue aproximadamente al W-NW.

Se presenta una intercalación rítmica entre conglomerados (40%) y areniscas (60%); variando entre subarcosas y areniscas conglomeráticas; en estratos masivos, tabulares y lenticulares; con frecuentes lentes de calizas de dimensiones muy variables. Las areniscas

están en estratos lenticulares de entre 2 a 5 m de longitud; se presenta gradación grano creciente y estratificación laminar; los clastos son heterogéneos, del tamaño de arena gruesa a fina, mal clasificada texturalmente inmaduros; los clastos son de esquistos, granito, micas, cuarzo; que intemperizan en colores ocre y de forma nodular; presentan grietas de desecación en algunas superficies. Las características petrográficas se pueden observar ampliamente en las láminas delgadas en el apéndice petrográfico muestras AC-156, AC-157 y AC-158.

Los conglomerados se presentan en estratos masivos y lenticulares, texturalmente submaduros, mal clasificados, que meteorizan a colores ocres o cafés; varían en tamaño de granos finos a gravas gruesas, con abundantes clastos de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico; y en menor porcentaje: gneis, micas, rocas volcánicas y arenisca; presentan gradación grano creciente y grano decreciente; algunos estratos presentan matriz arenosa, mientras que otros están soportados por los clastos; los estratos varían de entre 2 a 7 m; se observa dentro de algunos conglomerados lentes de arenisca, que conforme se repite la sucesión van desapareciendo y aparecen fragmentos líticos de areniscas subredondeados.

Se observan algunos lentes de areniscas conglomeráticas dentro de los estratos. La mayoría de los estratos se encuentran bioturbados, con una gran abundancia en fósiles de gasterópodos, bivalvos, equinodermos. También se observan estratos lenticulares de calizas arenosas con ostreidos, corales y pelecípodos; los cuales están intercalados con horizontes lutita.

Ambiente de depósito

Los sedimentos que se depositaron en esta asociación de facies son arenas, arcillas, limos y conglomerados; se observan estructuras sedimentarias, tales como estratificación laminar, grietas de desecación y bioturbación; los fósiles están re TRABAJADOS (fragmentos de conchas), por lo que se infiere que se depositaron en un ambiente Abanico de Marea, donde los conglomerados se acumularon en canales de marea, procedentes de la Asociación de facies de Abanico aluvial.

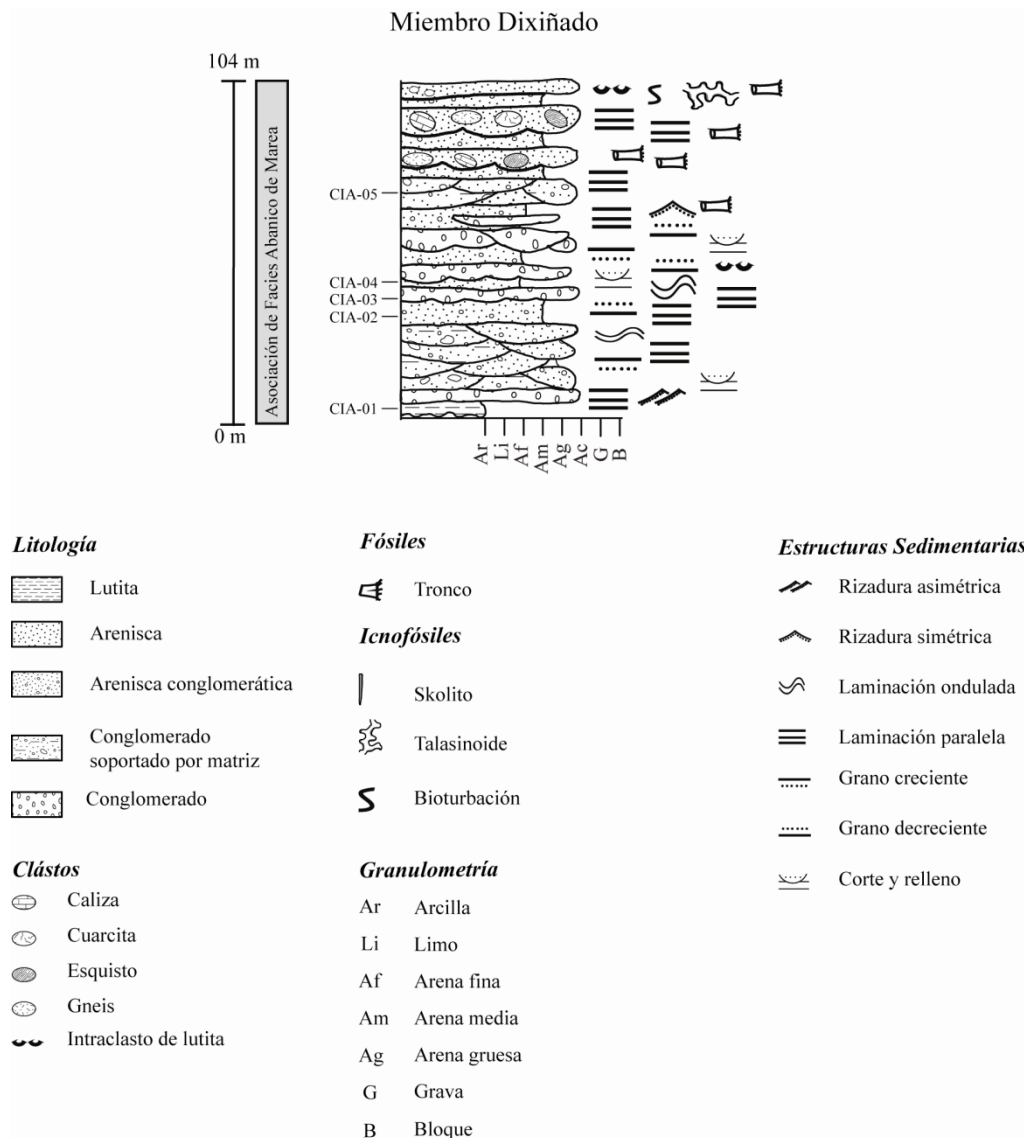


Figura 7. Columna Medida, Miembro Dixiñado, representa la asociación de facies de abanico de marea (tomado de Mendoza-Rosales, en preparación)

Asociación de *Facies de Laguna (Ki afl)*

Se encuentra aflorando en la parte más noroccidental dentro del área de estudio (Mapa anexo) es la asociación más reducida en extensión, aproximadamente solo es de 1 km², con un espesor aproximado de 144.5 m (figura 8); presenta una segunda sucesión de facies asociada con la asociación de facies de Abanico de Marea. Consiste de areniscas y calizas en una intercalación de estratos tabulares y lenticulares de 15 cm a 4 m. Se observa un cambio de facies transicional entre arenisca calcárea y caliza bioclástica, como se aprecia en la sección A-A' en el Mapa Anexo. En esta asociación de facies hay una mayor abundancia de fósiles,

así como mayor bioturbación. Existen intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas con coquinas de gasterópodos, corales y pelecípodos además de algunas areniscas conglomeráticas.

Los estratos de caliza son medianos entre 15 y 30 cm, formado por boundstone, wackestone y packstone (Dunham, 1962); presentándose en mayor abundancia la caliza tipo boundstone, el contenido fósil es muy abundante; se observa una intercalación con lutitas calcáreas de entre 5 a 15 cm, las cuales se meteorizan en forma nodular y en colores ocres. Las areniscas conglomeráticas son de formas lenticulares de 20 a 30 cm, de color gris con fragmentos de cuarzo y gneis redondeados, los cuales se observan burdamente laminados, con base en ligeros cambios granulométricos. Las coquinas se presentan en lentes entre 1 a 2 m, con abundantes fósiles de gasterópodos, corales, ostreas y pelecípodos.

La arenisca se clasificó como subarcosa y calcarenita (Apéndice petrográfico, muestras AC-38, AC-77 y AC-89⁺); los clastos son de arenas muy gruesas a finas; de cuarzo, feldespato potásico y micas; presenta fisibilidad; intemperiza en colores ocres; el espesor de los estratos es entre 1 a 4 m; en estratos lenticulares, internamente los estratos presentan estratificación cruzada planar, laminación paralela y ondulada.

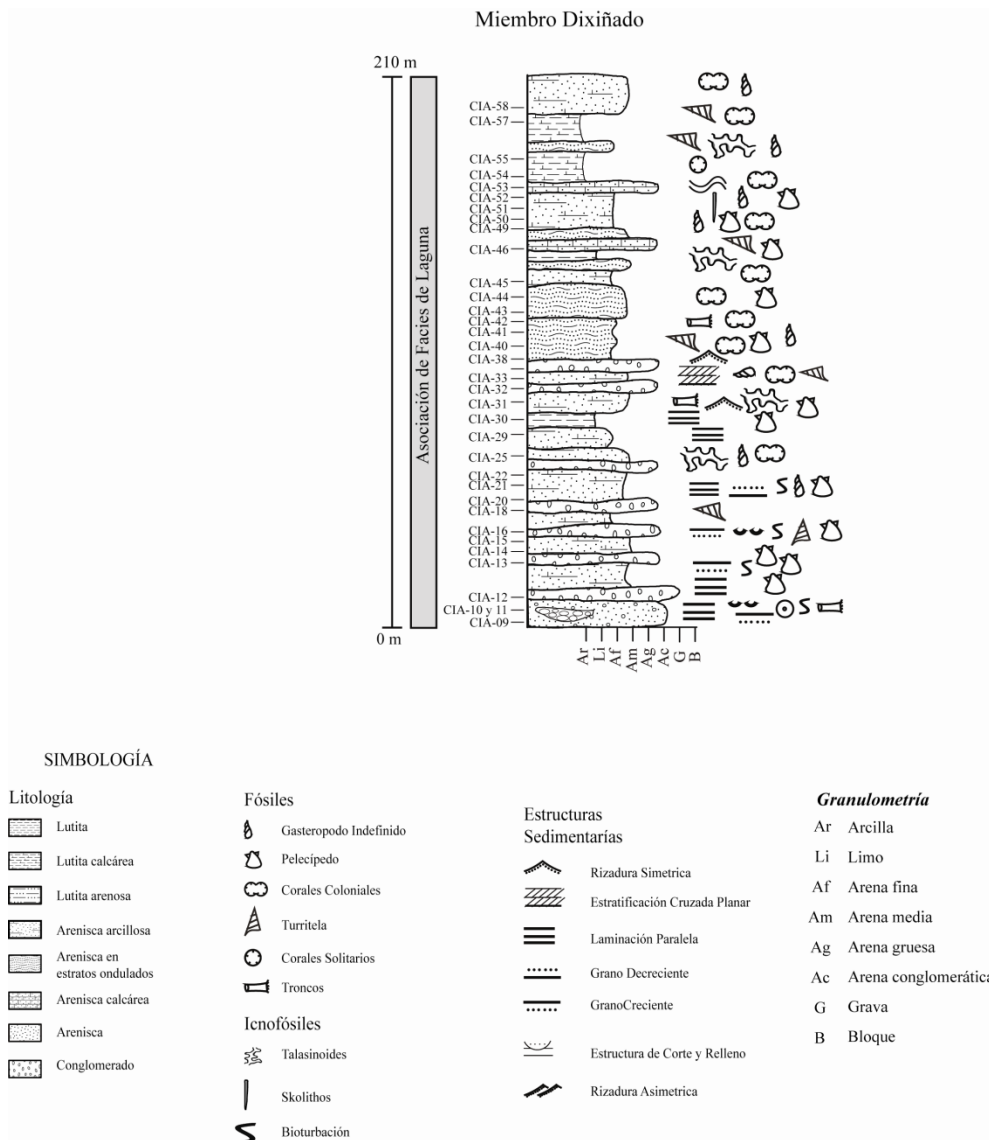


Figura 8. Columna medida, Miembro Dixiñado; representa la asociación de facies de laguna (tomado de Mendoza-Rosales, en preparación)

Ambiente de depósito

Los sedimentos presentes en esta asociación son arcillas y lodo calcáreo, arenas de grano fino; la fauna presente está formada por coquinas, cuerpos lenticulares con abundantes ejemplares de gasterópodos, corales y pelecípodos y algunos equinodermos; con lo que se infiere que esta asociación de facies se depositó en un ambiente de laguna marginal o postarrecifal, en aguas someras y de baja energía.

Asociación de *Facies Arrecifal* (Ki afa)

Esta es la asociación de facies más extensa, se presentan lentes calcáreas que corresponden con esta asociación intercalados entre las asociaciones de facies de Abanico de Marea y Laguna. Consisten en biohermas de estratos de calizas, calcarenitas y biolititas (orgánica); son de tipo grainstone (Dunham, 1962) y framestone (Embry y Klovan 1971); de color gris, meteorizan a color ocre y de forma nodular; en estratos lenticulares y con estratificación de masiva a mal desarrollada; sus espesores varían de 25 cm a 3 m; presenta superficies de estratificación discontinuas; en general se presentan una geometría de cuerpos alineados; con abundancia de fósiles autóctonos, constituidos principalmente por algas, esponjas, briozooarios y abundantes corales, así como otros organismos bentónicos como bivalvos, gasterópodos, foraminíferos, equinodermos, braquiópodos y serpúlidos; con delgadas intercalaciones de lutitas y caliza mudstone.



Figura 9. Aspecto que presentan las rocas de la asociación de facies arrecifal. Corresponde a un framestone de corales, esponjas y gasterópodos principalmente, con algunos estromatolitos.

Ambiente de depósito

Con base en las características presentes, inferimos que se trata del frente de un arrecife, dada su geometría, la cual es de varios lentes calcáreos, de parches arrecifales alineados como un sistema de arrecife longitudinal.

El parche arrecifal de mayor dimensión se encuentra coronando al cerro Yistepec, con aproximadamente 5 km², y un espesor aproximado de 791.5 m; también se presenta parches que varían de 0.40 m de espesor por 1.60 m de longitud, a 0.60 a 600 m. Los parches arrecifales presentan una alineación preferencial NW-SE, dada su distribución dentro del área de estudio podemos interpretar la posición de la línea de costa así como la subsidencia de la cuenca (Mapa Anexo).



Figura 10. Vista hacia el norte del Cerro Tabache desde el poblado La Compañía. Se aprecia la intercalación de la asociación de facies de laguna (afl) con la asociación de facies arrecifal (afa), esta última se reconoce fácilmente en el paisaje por el contraste erosivo entre ellas, a partir de su composición litológica.

V. *Modelo de Facies y Paleoambiente*

Para interpretar la reconstrucción *paleoambiental* sedimentaria y establecer el *modelo de facies* en el área de estudio se parte de la existencia de una *trasgresión marina* a nivel mundial (Haq *et al.*, 1987) en el Cretácico Temprano, asociado localmente por el aporte de sedimentos terrígenos durante la trasgresión.

El análisis petrográfico aunado a las relaciones de campo permitió interpretar las condiciones de sedimentación de la sucesión estratigráfica identificada como Formación La Compañía. Se interpretan cuatro sucesiones de facies con base en los cambios litológicos que se presentan en el área de estudio a partir de las columnas medidas: (1) conglomerados y areniscas siliciclásticas (predominantemente continentales); (2) conglomerados y areniscas carbonatadas, probablemente acumulado en un ambiente mixto; (3) areniscas carbonatadas y calizamarino somero, con fuerte aporte de terrígenos, asociados a un ambiente y (4) calizas, representando condiciones netamente marinas. Estos cambios de facies son graduales e interdigitados, tanto en sentido horizontal como vertical, lo que nos permite interpretar la subsidencia gradual de la cuenca en el tiempo.

Inicialmente las rocas del Complejo Acatlán y el Granito Cozahuico se encontraban expuestas, las cuales constituían la fuente principal de sedimentos terrígenos siliciclásticos que dominaron la sedimentación en las diferentes sucesiones de facies, tanto en la geometría de sus depósitos como en la composición lítica; así como en su distribución de la cuenca, ya que en la misma fueron variando en el tiempo tanto longitudinalmente como verticalmente, debido a procesos sedimentarios y eustáticos, provocando la variación de la línea de costa. Estas fluctuaciones eustático-sedimentarias fueron controladas por las pulsaciones tectónicas, subsidiando la cuenca, la cual fue migrando hacia el SW (figura 11) durante la trasgresión marina. Profundizándose hacia el NE, la línea de costa se aproximó hacia los bordes del macizo del Complejo Acatlán. La evolución paleogeográfica pudo interpretarse por la alineación preferencial de los parches arrecifales, zonificados paleontológicamente ya que se pueden observar desde fragmentos de conchas hasta ejemplares completos.

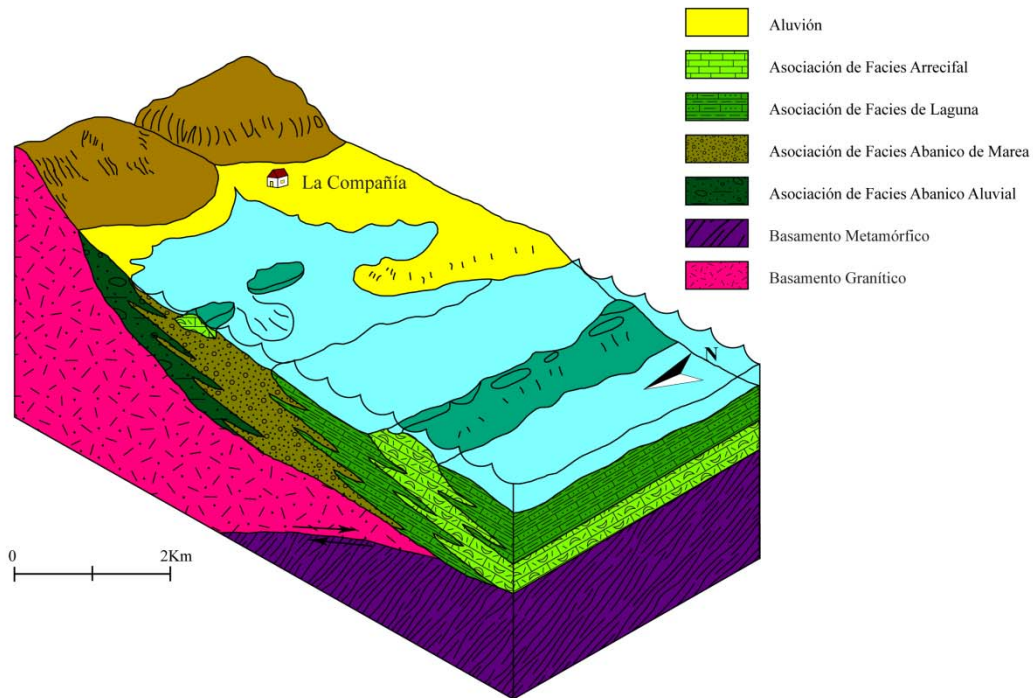


Figura 11. Modelo de Facies de la Formación La Compañía.

A partir del análisis de facies se construyó el modelo sedimentario que se presenta en la figura 11, en el que se destacan sucesiones de facies iniciales que corresponden a un ambiente de depósito de abanico aluvial; cercano a una zona costera, cuyos depósitos sedimentarios, fueron muy dinámicos propiciando el retrabajo del material terrígeno por el oleaje y mareas, destruyendo sus formas geométricas de abanico, las cuales se erosionaron; estos se intercalaban con los depósitos de laguna, en los que se desarrollaban pequeños biohermas de corales, gasterópodos y esponjas entre otros. Existía un aporte de sedimentos terrígenos intermitentemente hacia la cuenca, los cuales se intercalaban con los sedimentos calcáreos lagunares, lo que es evidente del análisis petrográfico de las muestras colectadas en las asociaciones de facies correspondientes (Ver Mapa anexo y Apéndice petrográfico); hay clastos en algunas muestras colectadas de areniscas con fragmentos calcáreos (Apéndice Petrográfico).

Las condiciones paleosedimentarias se fueron modificando conforme la transgresión avanzaba, durante la subsidencia regional de la cuenca, aunque en la zona de estudio no se tuvieron condiciones marinas de aguas profundas. La sucesión de facies inicial de conglomerados y areniscas que migran a areniscas y calizas, son producto del cambio en las condiciones de sedimentación, pasando de un ambiente continental a un ambiente netamente marino, con una mayor cantidad de rocas calcáreas, aun cuando persistía el aporte de sedimentos siliciclasticos.

La última sucesión de facies que se presenta en el área de estudio fue debida a un mayor avance transgresivo, con una disminución en el aporte de sedimentos terrígenos, haciendo que las condiciones sedimentarias fueran más calcáreas. En esta última etapa se dieron condiciones propicias para el depósito de calizas arrecifales, en forma de parches; lo que es evidente en área de estudio.

VI. *Discusión*

Las rocas que afloran en el área de La Compañía son en apariencia similares a las de la Formación San Juan Raya por su contenido fósil abundante, pero a partir del análisis detallado de las facies y su contenido fósil permitió diferenciarlas.

La Formación San Juan Raya, como ya se mencionó, ha sido descrita por diversos autores (Aguilera, 1906; Burckhardt, 1930; Salas, 1949; Calderón, 1956; Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte, 1980), como una alternancia de caliza verde o amarilla con lutitas amarillas, verdes o grises, fosilíferas, que en ocasiones puede ser café o rojizo intercaladas con arenisca de grano mediano a fino. Las rocas que afloran en el área de La Compañía corresponden con una alternancia de conglomerados rojos y subarcosas, que cambian gradualmente a una intercalación de subarcosas y calizas bioclásticas, las cuales se encuentran coronadas por un grueso paquete de calizas boundstone. Las rocas clásticas son granulométricamente más gruesas en la Formación La Compañía, evidenciándose que las condiciones en la que se depositaron ambas formaciones son diferentes; y por lo tanto no deben de considerarse como la misma unidad litoestratigráfica.

Las características de los miembros más calcáreos de las Formación Zapotitlán y La Compañía son muy similares; siendo estos miembros Agua del Burro para Zapotitlán y Yistepec para La Compañía; la descripción para ambos son: una intercalación de caliza y arenisca, resaltando que hacia la cima de la Formación Zapotitlán presenta una mayor abundancia de carbonatos, representados por el miembro Agua del Burro; mientras que en la cima de la Formación La Compañía el Miembro Yistepec es más calcáreo que en su base.

La Formación San Juan Raya se acumuló en condiciones de aguas cálidas próximas a la línea de costa, con base en la abundancia de restos de madera, los cuales pudieron ser transportados por sistemas fluviales desarrollados en un ambiente tropical (Mora-Almazán y Quiroz-Barroso, 2006; Escalante-Ruiz y Quiroz-Barroso, 2006) a diferencia de lo propuesto por: Salas (1949) Calderón (1956), Alencáster (1956); en tanto que la Formación La Compañía se depositó en condiciones mixtas, las cuales varían de condiciones continentales a lagunares-litorales.

Al comparar los fósiles contenidos en la Formación La Compañía con los reportados en la Formación San Juan Raya, ambas unidades presentan varios ejemplares comunes especialmente los gasterópodos, pero presentan algunas diferencias, específicamente en los corales, los equinodermos y los foraminíferos que son los que se han estudiado hasta el momento.

Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980) le asignan una edad aptiense a la Formación San Juan Raya, con base en ejemplares de *Cossmanea (Eunerinea) luttickei (Blanckenhorn)* y *Cossmanea (Eunerinea) pauli (Coquand)*. Alencaster (1956), Buitrón-Sánchez (1970) y Reyeros (1963) coinciden con esa edad. Mientras que en el área de La Compañía, Löser (2006) determino que los corales encontrados son de edad barremiense (ver Capítulo III), y los microfósiles identificados por la Dra. Carmen Rosales (ver Capítulo III) también corresponden al Barremiano (ver Capítulo III), lo que nos permite asignarle a las rocas de La Compañía una edad correspondiente al Barremiano.

Esta edad permite correlacionar a la Formación La Compañía con la Formación Zapotitlán, a la cual diversos autores le asignan una edad de Barremiano (Aguilera, 1906; Burckhardt, 1930; Alencaster, 1956; Calderón, 1956; Buitrón, 1970; Barceló-Duarte, 1978); por lo que las rocas de la Formación La Compañía son un cambio de facies con las rocas de la Formación Zapotitlán (figura 3), y estratigráficamente está situada abajo de las rocas de la Formación San Juan Raya, relación que no fue posible observar debido a los depósitos cenozoicos que las cubren.

VII. Conclusiones

1. Las rocas que afloran en el área del poblado La Compañía son diferentes y no corresponden con las de la Formación San Juan Raya, por lo que proponemos se denominen como Formación La Compañía.
2. Se elaboró un mapa de litofacies de la región reconociendo cuatro asociaciones de facies:
 - a) *abanico aluvial* caracterizada por conglomerado rojo polimíctico, en estratos masivos irregulares, texturalmente inmaduros, mal clasificados, los clastos son muy angulosos a subredondeados de esquisto verde, granito y cuarzo metamórfico, principalmente.
 - b) *abanico de marea* intercalación rítmica entre conglomerados y areniscas; en estratos masivos y lenticulares, texturalmente submaduros, moderadamente clasificados, de granos finos a gravas gruesas, presentan grietas de desecación, gradación grano creciente, gradación grano decreciente y estratificación laminar.
 - c) *laguna* intercalación de arenisca calcárea con caliza, en estratos tabulares y lenticulares; en esta asociación se presenta la mayor abundancia de fósiles, así como mayor bioturbación.
 - d) *arrecifal* consisten en estratos de calizas, calcarenitas y biolitas, de color gris; que meteorizan a color ocre y de forma nodular; en estratos lenticulares; con estratificación de masiva a mal desarrollada, con una abundancia de fósiles autóctonos.
3. Esta sucesión se depositó en condiciones mixtas, las cuales varían de condiciones continentales a condiciones lagunares, con cambios de facies laterales como verticales sucesivos.
4. La Formación La Compañía se correlaciona con la Formación Zapotitlán, y subyace a la Formación San Juan Raya.
5. La edad propuesta para esta sucesión es del Barremiano, con base en su contenido fosilífero y su posición estratigráfica.

Referencias Bibliográficas

- Aguilera, J.G., 1896, Bosquejo Geológico de México: Boletín Instituto Geológico de México, 4-6, 267 p.
- Aguilera, J.G., 1906, Excursión de Tehuacán a Zapotitlán y San Juan Raya México, Guide des Excursions, Congr. Geol. Intern. Xeme Sess., México, 7, 27 p.
- Alencaster, G., 1956, Pelecípodos y Gasterópodos de la región de San Juan Raya, estado de Puebla: Paleontología Mexicana, 2, Instituto de Geología, UNAM, 47 p.
- Barceló-Duarte, J., 1978, Estratigrafía y petrográfica detallada del área de Tehuacán - San Juan Raya, Estado de Puebla, México: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis Profesional, 143 p.
- Buitrón-Sánchez, B.E., 1970, Equinoides del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, estado de Puebla, México: Paleontología Mexicana, Instituto de Geología, UNAM, 30, 69 p.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Barceló-Duarte, J. 1980, Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya, Puebla: Revista del Instituto de Geología, 4(1): 46-55.
- Burckhardt, C., 1930, Étude syntétique sur le Mésozoïque mexicain: Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, 40, 280 p.
- Calderón, A., 1956, Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, en Congreso Geológico Internacional, XX Sesión, México, Libreto-guía, Excursión, A-11: 9-27.
- Campa, M. F., Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in México: Canadian Journal Earth Science 20: 1040-1051.
- Castro-Mora, J.T., Pacheco, C., 1986, Estratigrafía de la Región Sur de Puebla: Sociedad Geológica Mexicana, VIII Convención Geológica Nacional, Resúmenes: 191-192.
- Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C.C., Silva-Romo, G., 2009, Sedimentología de la Formación Matzitzí (Paleozoico superior) y significado de sus componentes volcánicos, región de Los Reyes Metzontla-San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 26 (1): 18-36
- Dunham, R. J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture: American Association Petroleum Geology, Mem. 1: 108-121.

- Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., Sánchez-Zavala, J.L., Macías-Romo, C., Ortega-Rivera, A., Iriando, A., 2005, La Falla de Caltepec: raíces expuestas de una frontera tectónica de larga vida entre continentes del sur de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Grandes Fronteras Tectónicas de México, 42 (1): 83-109.
- Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., Macías-Romo, C., Sánchez-Zavala J.L., Solís-Pichardo, G., Torres-López, M., Valencia, V., Ortega-Rivera, A., 2008, Relaciones Estratigráfico-Estructurales y Geocronológicas de una Secuencia Metavolcanosedimentaria (Fm. Metzontla) en la zona de Yuxtaposición de los Complejos Acatlán y Oaxaqueño, sur de México: Remanentes de una Cuenca Intrarco Pensilvánica: Geos, 28 (2): 351.
- Embry, A.F., Klován, E., 1971, A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, N.W.T: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 19 (4): 730-781.
- Erben, H.K., 1956, El Jurásico Medio y el Caloviano de México, en XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F., Monografía, 140 p.
- Escalante-Ruiz, A. R., Quiroz-Barroso, S.A., 2006, Paleobiología de las trigonias de la Formación San Juan Raya, Estado de Puebla, México (resumen), en X Congreso Nacional de Paleontología, Ciudad de México: México, Sociedad Mexicana de Paleontología, Instituto de Geología y Facultad de Ingeniería, UNAM, Memoria: 35.
- Feldmann, R. M., Vega, F.J., García-Barrera, P., Rico-Montiel, R., Martínez-López, L., 1995, A new species of Meyeria (Decapoda: Mecoichiridae) from the San Juan Raya Formation (Apitan: Cretaceous), Puebla State, México: Journal of Paleontology, 69(2): 402-406.
- Felix, J., Lenk, M., 1891, Uebersicht über die geologischen Verhältnisse des mexicanischen Staates Puebla: Paleontographica, 37: 117-139.
- Folk, R. L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types: American Association Petroleum Geology, Mem., 1: 62-68.
- González-Arreola, C., 1974, Phylloceras del Cretácico Inferior de San Juan Raya-Zapotitlán, estado de Puebla, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 35: 29-37
- González-Hervert, M.G, González-Martínez, P.R., Garza-Martínez, J. A., Rojas-Rosas, R., Miranda-Peralta L. R., y Arredondo-Delgadillo, M., 1984, Características estratigráficas y estructurales del límite de los terrenos Mixteco y Oaxaca, en la Región de Los Reyes Metzontla, Puebla, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 45 (1-2): 21-32.
- Haq, B.U, Hardendol, J., Vail, P.R., 1987, Chronology of Fluctuating Sea Levels since the Triassic, Science, 235, p. 1156-1166

- Hernández-Estevez, S., 1980, Excursión geológica al borde noroeste de la paleopenínsula de Oaxaca (sureste del Estado de Puebla): México, D.F., Sociedad Geológica Mexicana, V Congreso Geológico Nacional, Libro guía de la excursión: 3-11.
- Hernández-Láscares, D., 2000, Contribución al Conocimiento de la Estratigrafía de la Formación Matzitzi, Área; Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, Extremo Suroriental del Estado de Puebla, México: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 117p.
- Hernández-Láscares, D., Buitrón-Sánchez, B.E., 1992, Bioestratigrafía del Cretácico Inferior (Aptiano) en el Cerro Matzitzi, región de San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 1(5): 55-69.
- Hernández-Láscares, D., Galván-Mendoza, E., 1990, Lamellaerhynchia cf. Renauxiana (D'Orbigny) (Brachiopoda-Rhynchonellidae) del Cretácico Inferior de la región de San Lucas Teletitlán, estado de Puebla, Centro Sur de México: Sociedad Mexicana de Paleontología, Revista, 2(2): 47-55.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1987, Carta Topográfica: Atzumba E14-B85, escala 1:50, 000, segunda impresión, 1 mapa.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1994, Carta Geológica: Orizaba E14-6, Veracruz, Puebla, Oaxaca, escala 1:250,000, segunda impresión, 1 mapa.
- López-Ticha, D., 1985, Revisión de la Estratigrafía y Potencial Petrolero de la Cuenca de Tlaxiaco: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 37 (1): 49-92.
- Löser, H., 2006; Barremian Corals from San Antonio Texcala, Puebla, México- A Review of the Type Material of Felix 1891: Boletín del Instituto de Geología, UNAM, 114 p.
- Martínez-Álvarez, Zárate-Barradas, R., Loeza-García, J.P., Saenz-Pita, R., Cardoso-Vázquez, E.A., 2001, Carta Geológico-Minera Orizaba E14-6, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Esc. 1:250,000, Servicio Geológico Mexicano, 1 mapa.
- Mendoza-Rosales, C.C., 2004, Análisis de Facies y Métodos Cartográficos de la Estratigrafía Moderna, Unidad Teórica A, Doctorado en Geología Estructural y Tectónica: Postgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México (inédito).
- Mendoza-Rosales, C.C., Silva-Romo, G., 2006, Geología de la región de Metzontla: La Alfarería en Los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro, Editora Socorro de La Vega Doria, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes – Instituto Nacional de Antropología e Historia, 191 p.

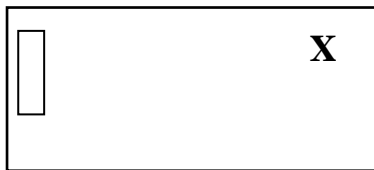
- Mora-Almazán, E.R., Quiroz-Barroso, S.A., 2006, Presencia de bivalvos perforadores de madera en la Formación San Juan Raya, Cretácico Inferior de Puebla (resumen), en X Congreso Nacional de Paleontología, Ciudad de México: México, Sociedad Mexicana de Paleontología, Instituto de Geología y Facultad de Ingeniería, UNAM, Memoria: 58.
- Müllerried, F.K., 1934, Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, Anales del Instituto de Biología, 5: 55-88.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1970, Geología del cuadrángulo suroccidental de la hoja Tehuacan, estados de Puebla y Oaxaca: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de licenciatura, 130 p (inédita)
- Ortega-Gutiérrez, F., 1978, Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, estados de Puebla y Oaxaca: Revista del Instituto de Geología, 2(2): 112-131.
- Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Reyes-Salas, M., Macias-Romo, C., and López, R., 1999, Late Ordovician–Early Silurian continental collision orogeny in southern México and its bearing on Gondwana-Laurentia connections: *Geology*, 27: 719–722.
- Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary Rocks*, 3^a Edition, Harper, New York.
- Reyeros-Navarro, M.M., 1963, Corales del Cretácico Inferior de San Juan Raya, Estado de Puebla, México: Paleontología Mexicana, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, 17, 21 p.
- Rivera-Sylva, H., Rodríguez-De la Rosa, R., Ortiz-Mendieta, J., 2006, A review of the Dinosaurian Record from México, en Vega, F. J., Nyborg, T. G., Perrilliat, M. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S., Quiroz-Barroso, S.A. (eds.), *Studies on Mexican Paleontology, Topics in Geobiology 24*, Springer: 233-248.
- Rodríguez-De la Rosa, R. A., Aguillón-Martínez, M. C., López-Espinoza, J., Eberth, D. A., 2004, The fossil record of vertebrate tracks in México, *Ichnos* 1: 1-11
- Salas, G.P., 1949, Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 1(2): 79-156.
- Segura-Vernis, L.R., Rodríguez-Torres, R., 1972, Foraminíferos del Aptiano de San Juan Raya Puebla, México y sus inferencias geológicas (resumen), en II Convención Nacional, Mazatlán, Sinaloa, México: México, Sociedad Geológica Mexicana, Memoria: 236.

- Silva-Pineda, A., 1970, Plantas del Pensilvánico de la región de Tehuacán: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana, 29, 108 p.
- Weber, R., 1997, How old is the Triassic flora of Sonora and Tamaulipas, and news on Leonardian floras in Puebla and Hidalgo, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 14(2): 225-243.
- Zárate-Villanueva, R. E., Quiroz-Barroso, S.A., 2002, Presencia de bivalvos perforadores de coral en la Formación San Juan Raya (resumen), en VIII Congreso Nacional de Paleontología, Guadalajara, Jalisco, México: México, Sociedad Mexicana de Paleontología, Museo de Paleontología de Guadalajara, Ponencias: 85.

Apéndice petrográfico

De entre las 33 muestras colectadas en el área de estudio, se describen en este apartado solo 22 de ellas, en las cuales se observan las principales características de las asociaciones de facies, así como los microfósiles. Con este estudio se precisó la génesis de las muestras colectadas, para hacer un análisis preciso de la unidad litrostratigráfica propuesta informalmente como Formación La Compañía.

En el rectángulo de la parte de abajo se presentan, la dirección de la posición en la cual se colocó la lámina para su observación en el microscopio y la “X” es lugar donde se tomo la fotomicrografía correspondiente a cada descripción:

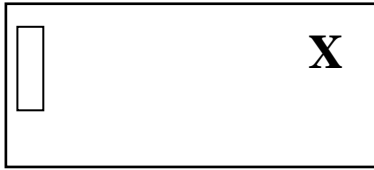


El tipo de luz utilizado en la fotomicrografía está indicado en el nomenclátor:

NC: Nicles Cruzados

LP: Luz Paralela

Muestra: AC-03



Aumento: 2.5 X

Tipo de luz: NC

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

Foraminíferos

Moluscos

Braquiópodos

Equinodermos

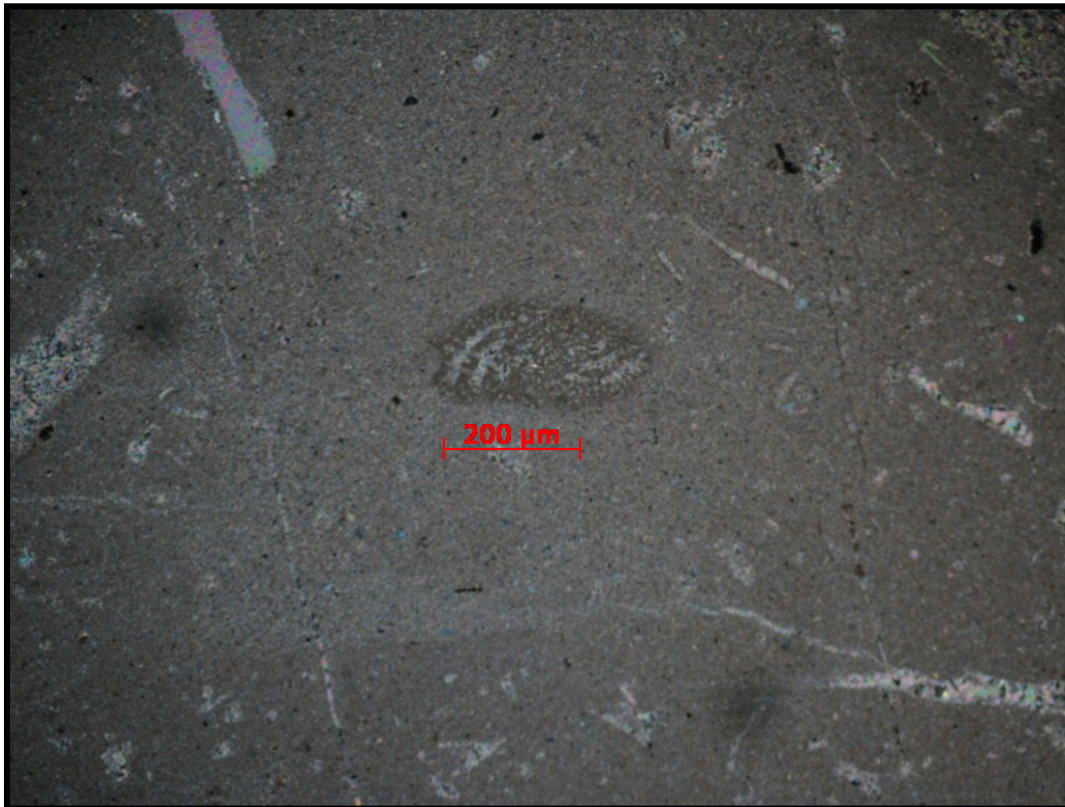
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 20 / 80

Cementante / Matriz: micrita

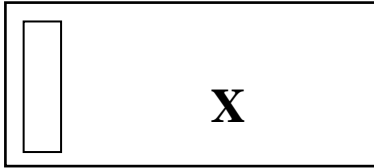
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

WACKESTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-15



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: NC

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

Gasterópodos
Moluscos
Braquiópodos
Equinodermos

Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 40 / 60

Cementante / Matriz: micrita

Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

PACKSTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-20



Aumento: 2.5 X

Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

Foraminíferos
Moluscos
Braquiópodos
Equinodermos
Briozoario
Equinodermos
Algas

Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 20 / 80

Cementante / Matriz: micrita

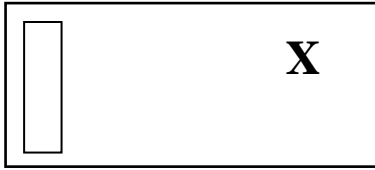
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

WACKESTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-30



Aumento: 2.5 X

Tipo de luz: NC

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

- Algas
- Moluscos
- Gasterópodos
- Fragmentos de corales
- Serpúlidos
- Algas

Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 35 / 65

Cementante / Matriz: micrita

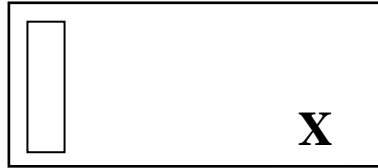
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

WACKESTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-38



Aumento: 2.5X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

OBSERVACIONES: presenta fragmentos de fósiles: moluscos, gasterópodos, foraminíferos

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino, policristalino

Feldespatos: feldespato potásico, plagioclasas

Micas: biotitas deformadas

Fragmentos de roca: pedernal

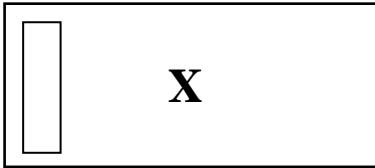
Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

CALCARENITA



Muestra: AC-45



Aumento: 10 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena media

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

Cuarzo: policristalino

Feldespatos: feldespato potásico,
plagioclasas

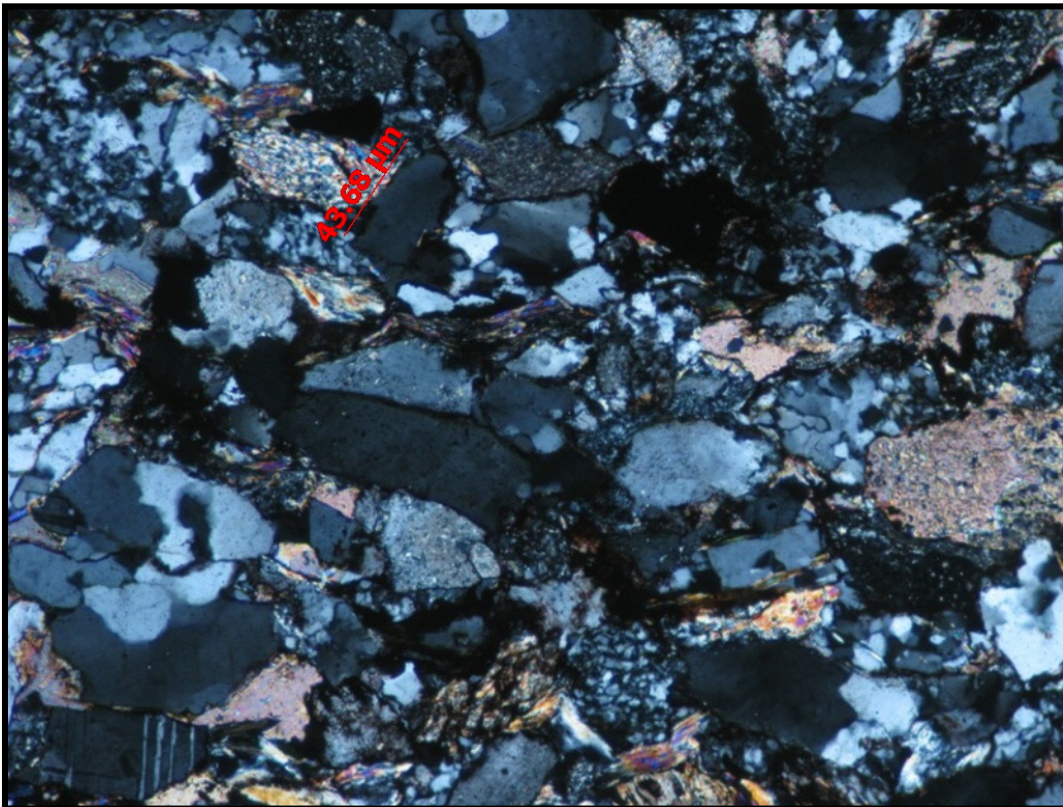
Micas: biotitas deformadas

Fragmentos de roca: pedernal

Minerales secundarios: óxidos

TIPO DE GRANOS

CLASIFICACIÓN: ARCOSA



Muestra: AC-50



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por granos

Aloquímicos:

Esponjass
Moluscos
Braquiópodos
Equinodermos
Algas

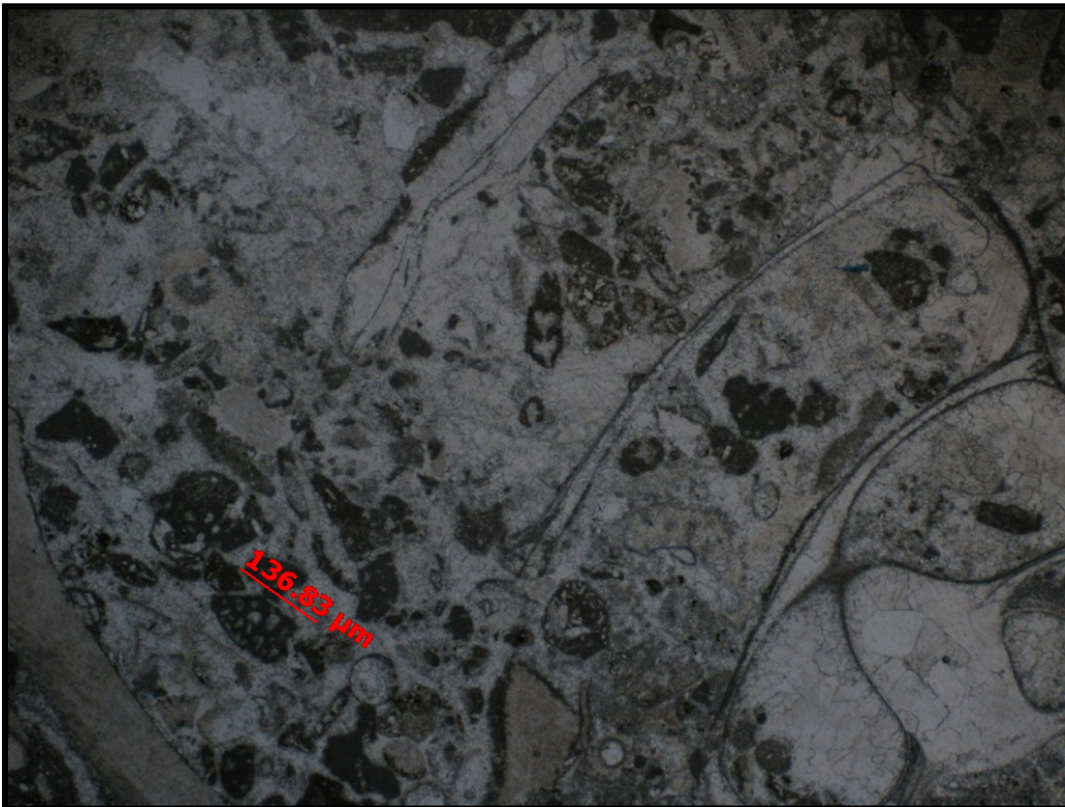
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 80 / 20

Cementante / Matriz: esparita

Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

GRAINSTONE / BIOESPARITA



Muestra: AC-55



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: NC

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

Moluscos
Gasterópodos
Braquiópodos

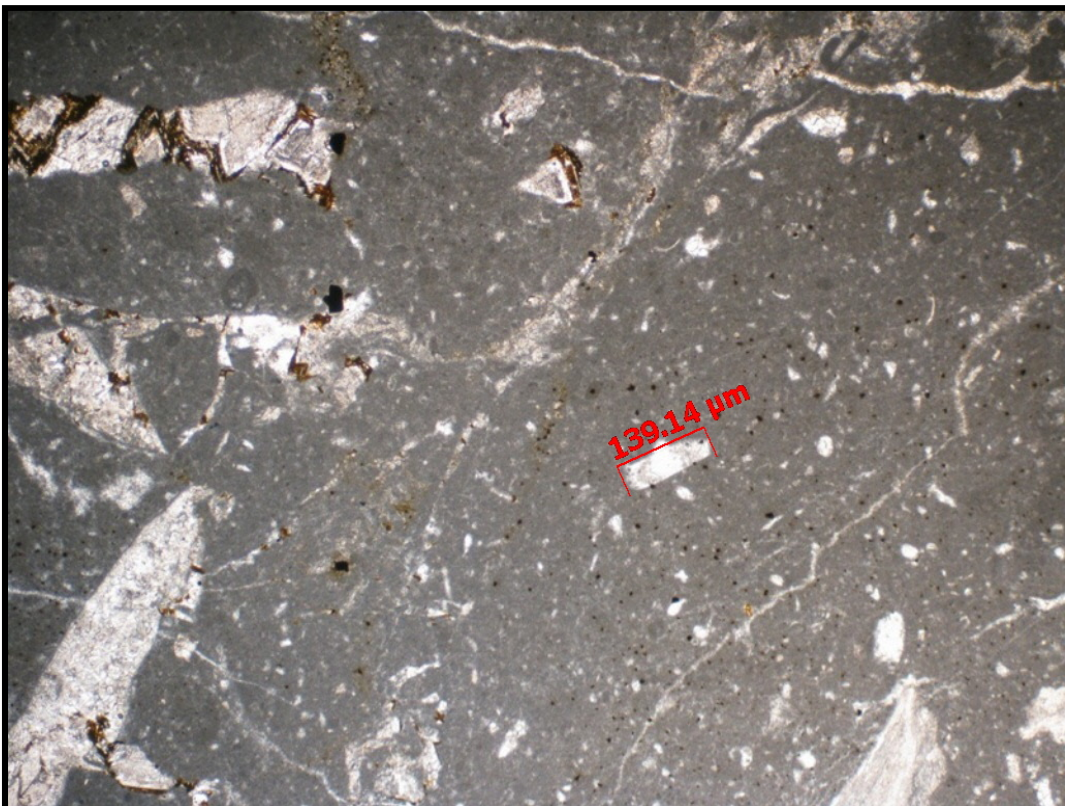
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 40 / 60

Cementante / Matriz: micrita

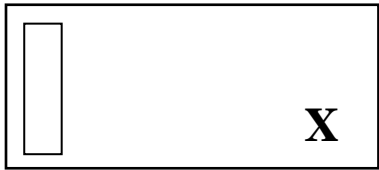
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

WACKESTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-63



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por granos

Aloquímicos:

Gasterópodos
Moluscos
Fragmentos de corales
Equinodermos
Algas

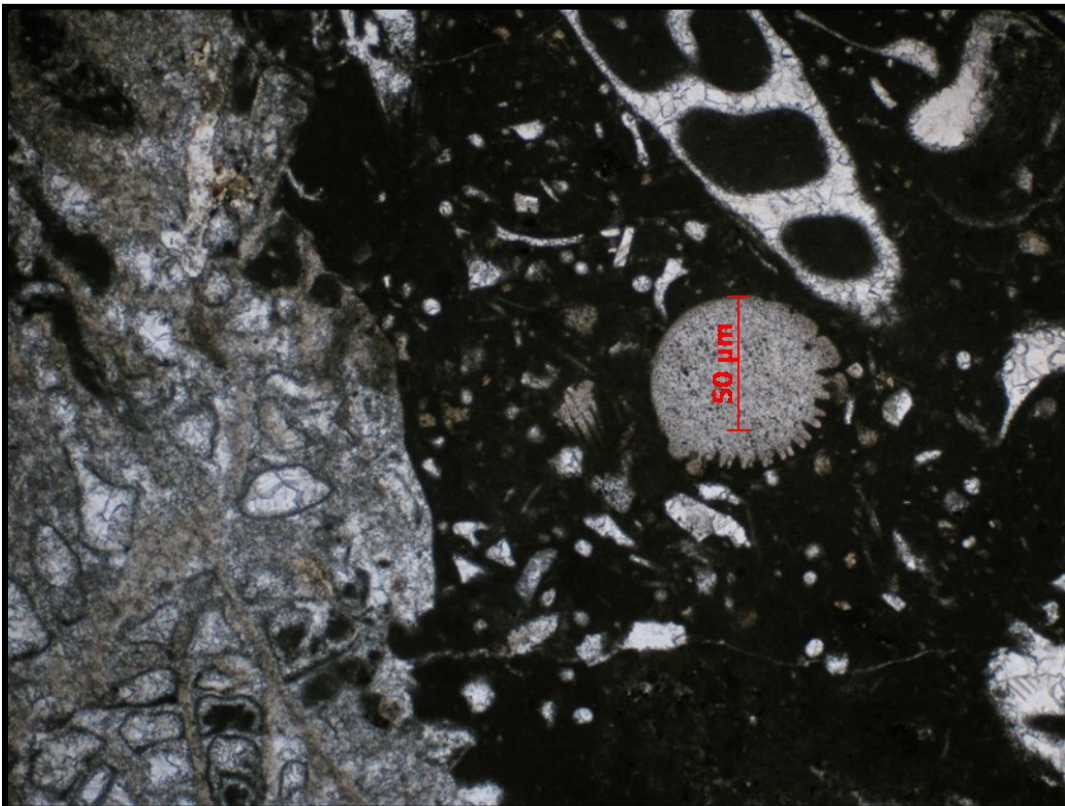
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 60 / 40

Cementante / Matriz: micrita

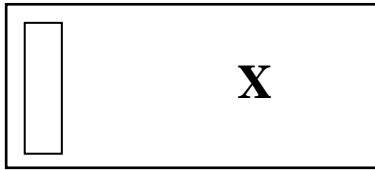
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

FRAMESTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-67



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por matriz

Aloquímicos:

Intraclastos

Esponja

Ooides

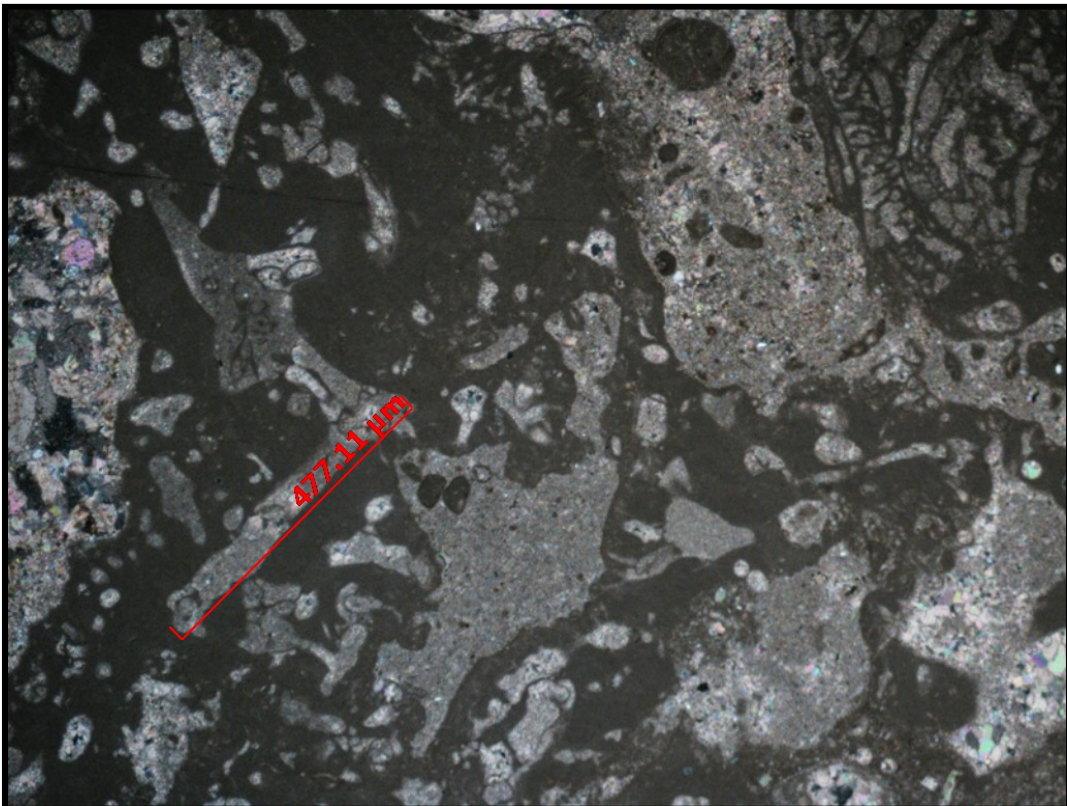
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 60 / 40

Cementante / Matriz: micrita

Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

PACKSTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-77



Aumento: 2.5X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

OBSERVACIONES: presenta fragmentos de fósiles: moluscos, gasterópodos, foraminíferos.

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: policristalino

Feldespatos: feldespato potásico, plagioclasas

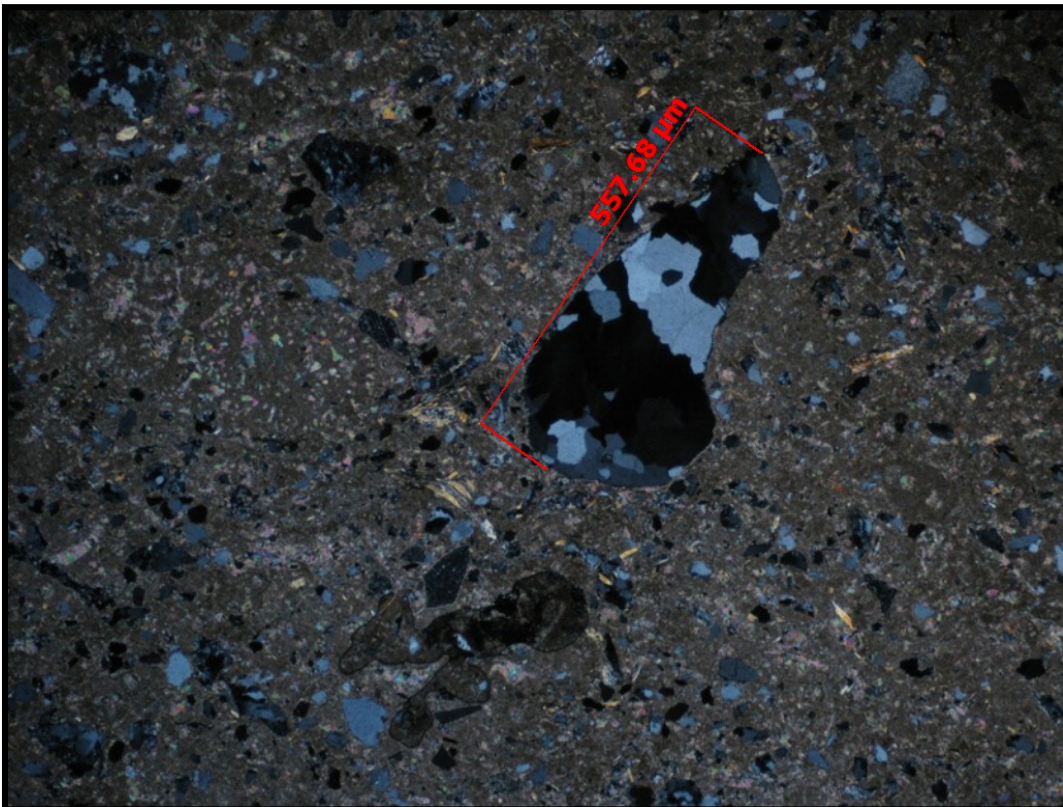
Micas: biotitas deformadas

Fragmentos de roca: pedernal, areniscas

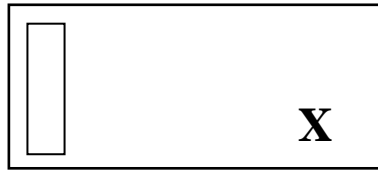
Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

CALCARENITA



Muestra: AC-82



Aumento: 10 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

OBSERVACIONES: presenta fragmentos de gasterópodos rellenos de arena, ooides.

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: policristalino, monocristalino

Feldespatos: feldespato potásico, plagioclasas

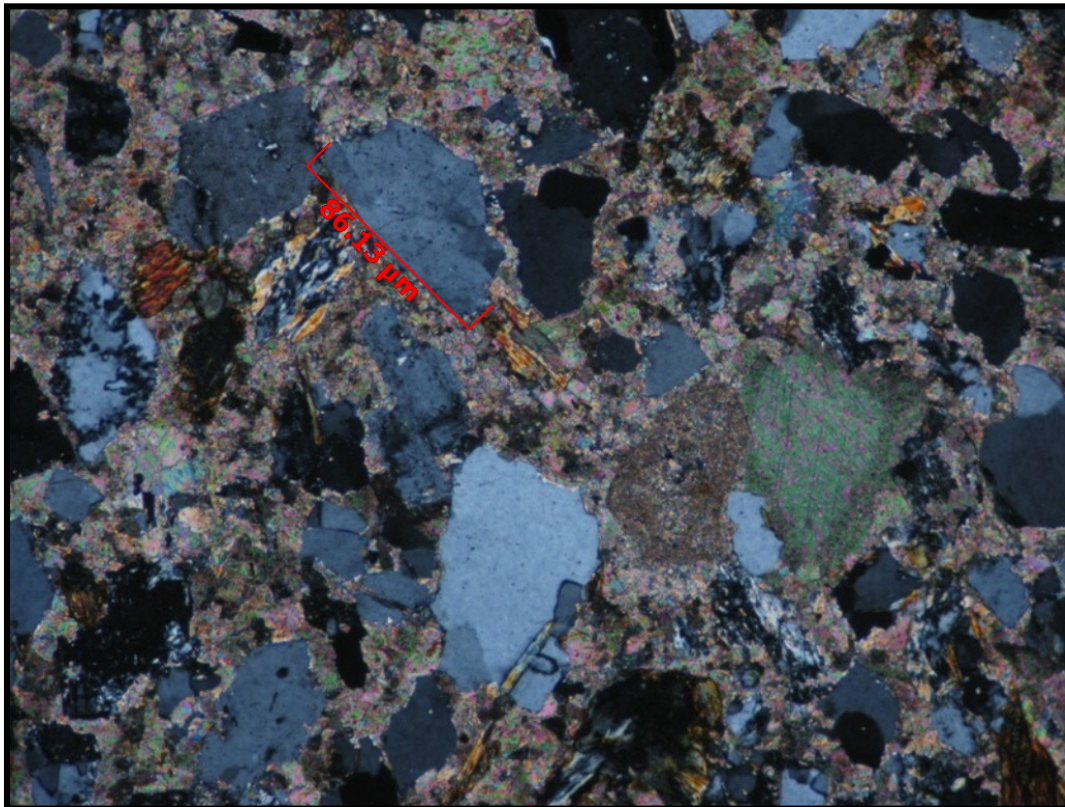
Micas: biotitas deformadas

Fragmentos de roca: pedernal, areniscas

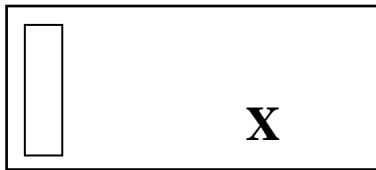
Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

GRAUWACKA DE CUARZO



Muestra: AC-89a



Aumento: 2.5 X

Tipo de luz: NC

Textura: Soportada por granos

Aloquímicos:

Gasterópodos

Moluscos

Foraminíferos

Algas

Ooides

Exaclastos (cuarzo, feldespato)

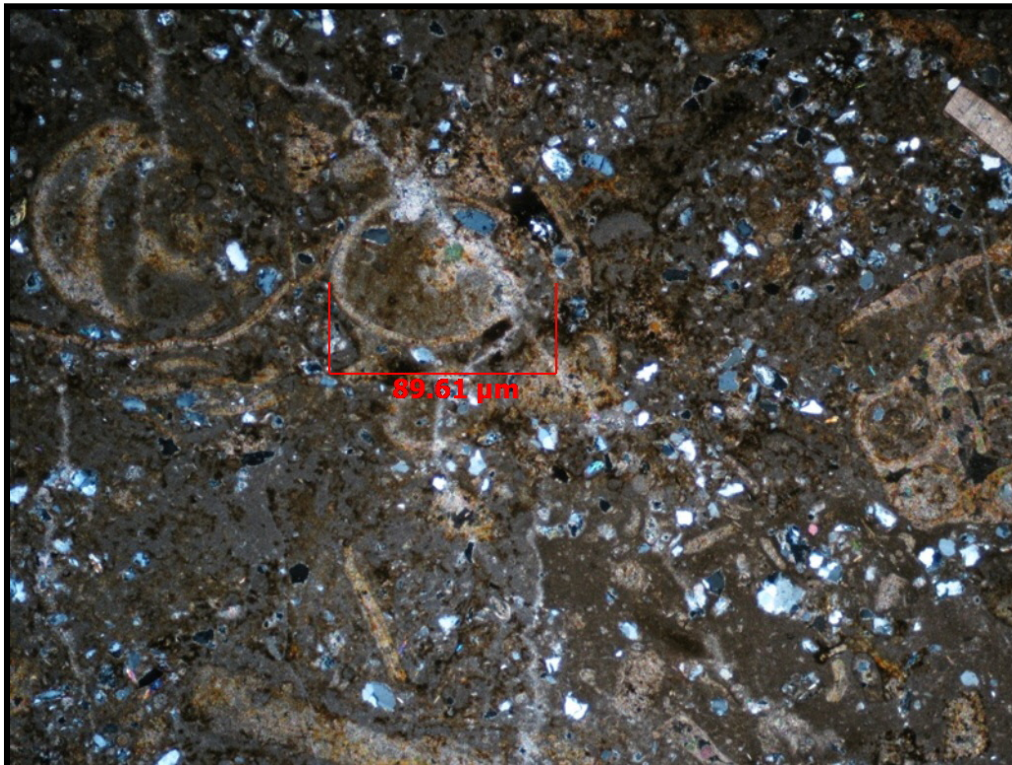
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 40 /60

Cementante / Matriz: micrita

Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

PACKSTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-89b



Aumento: 2.5X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

OBSERVACIONES: presenta fragmentos de fósiles: moluscos, gasterópodos, foraminíferos, algas

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino, policristalino

Feldespatos: feldespato potásico, plagioclasas

Micas: biotitas deformadas

Fragmentos de roca: pedernal, areniscas

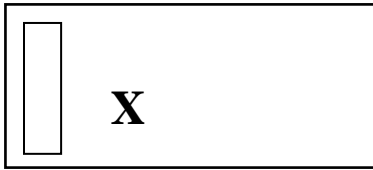
Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

CALCARENITA



Muestra: AC-94



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino, policristalino, presenta extinción ondulante y paralela

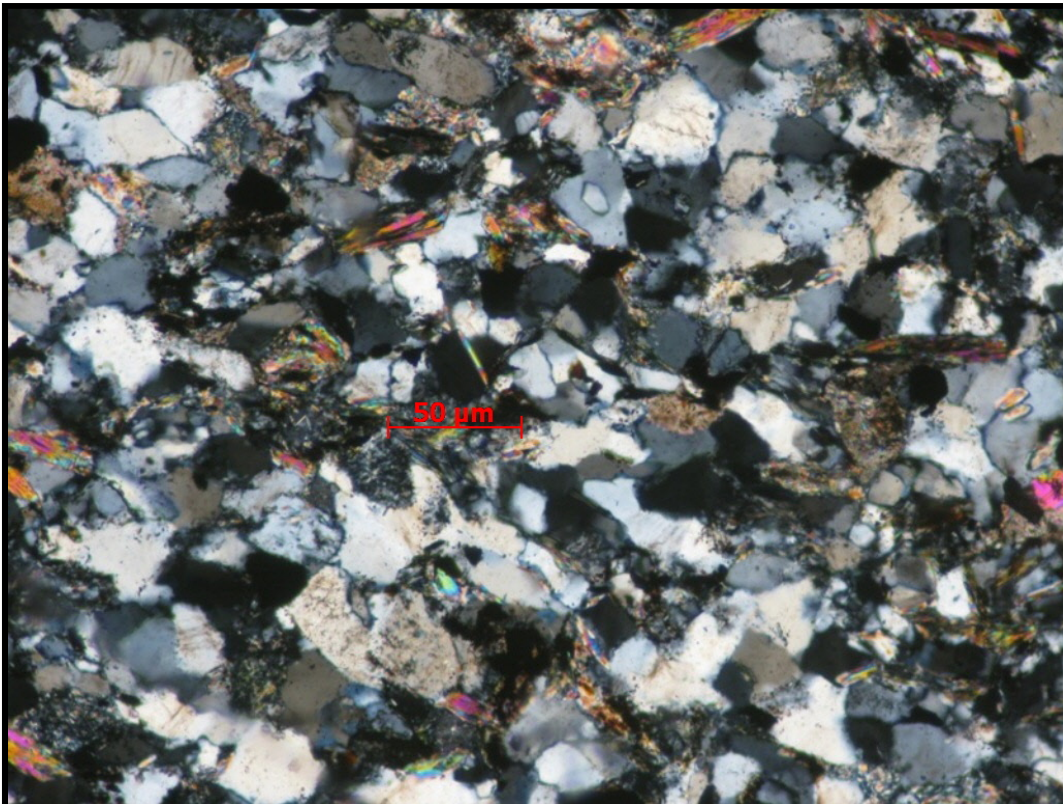
Feldespatos: feldespato potásico

Micas: biotitas deformadas

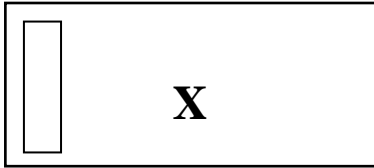
Fragmentos de roca: pedernal

CLASIFICACIÓN:

SUBARCOSA



Muestra: AC-115



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por granos

Aloquímicos:

Moluscos
Foraminíferos
Algas
Equinodermos

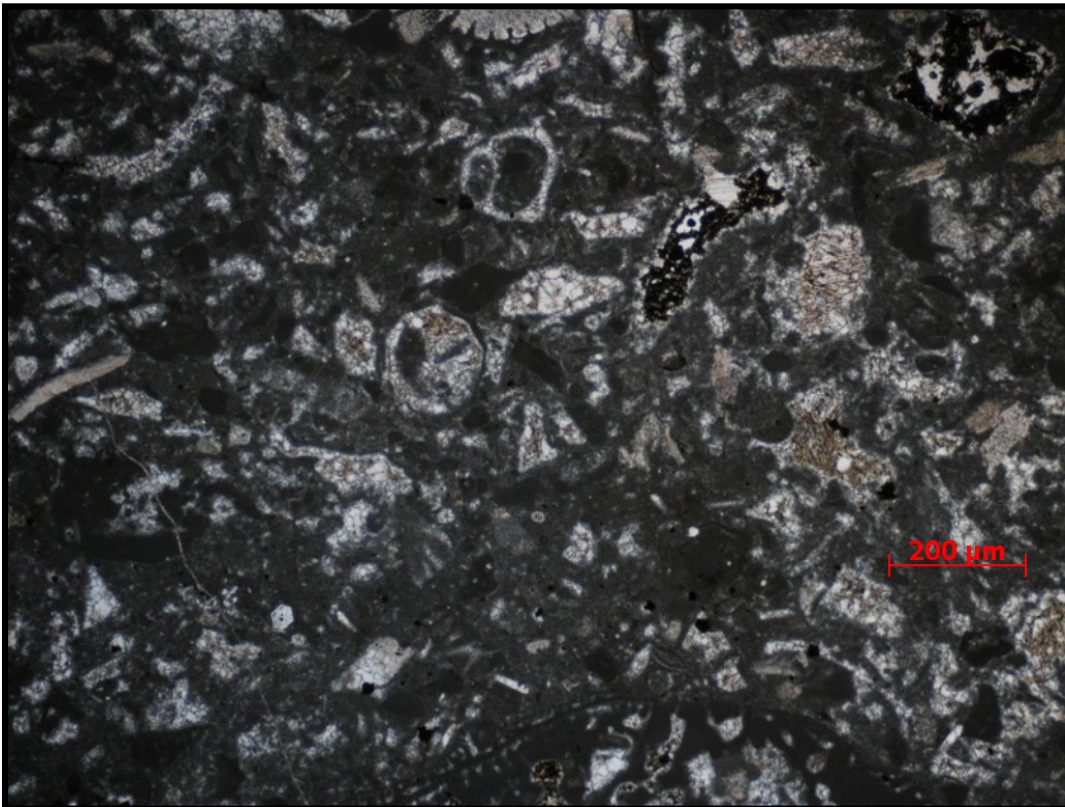
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 40 /60

Cementante / Matriz: micrita

Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

PACKSTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-117



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por granos

Aloquímicos:

Algas
Moluscos
Braquiópodos
Equinodermos
Esponjas
Foraminíferos
Fragmentos de Corales

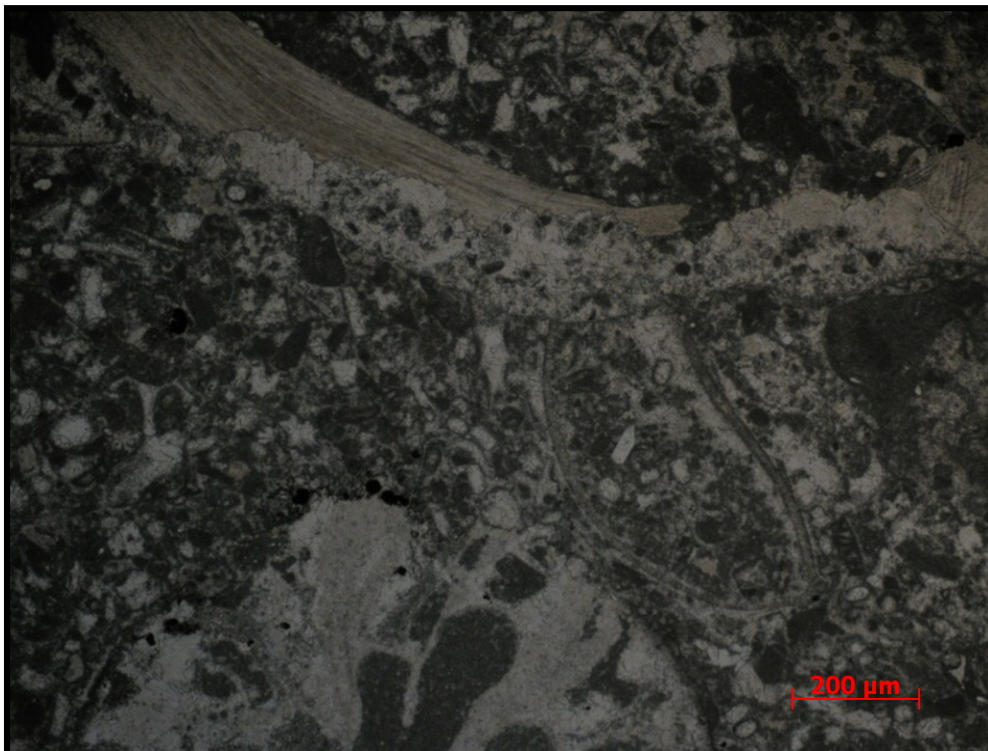
Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 70 /30

Cementante / Matriz: micrita

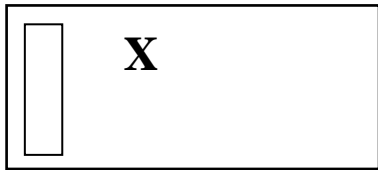
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

PACKSTONE / BIOMICRITA



Muestra: AC-124



Aumento: 10 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino, policristalino

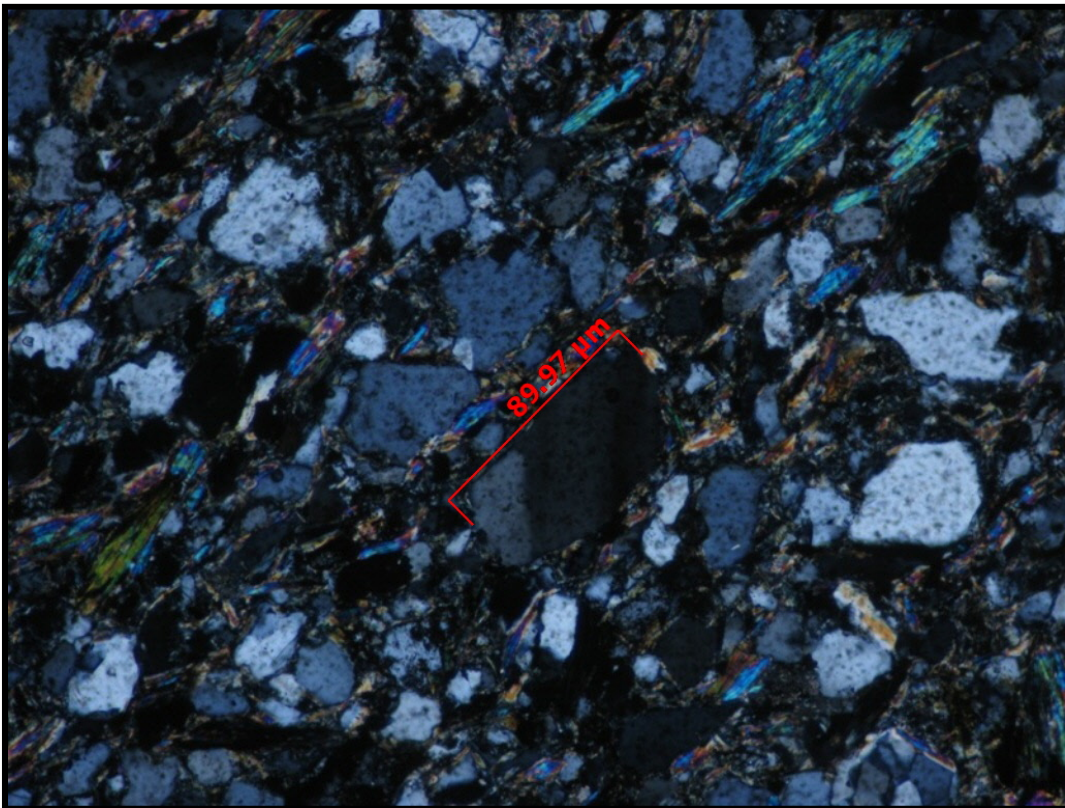
Feldespatos: feldespato potásico, plagioclasas

Micas: biotitas deformadas

Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

ARCOSA



Muestra: AC-138



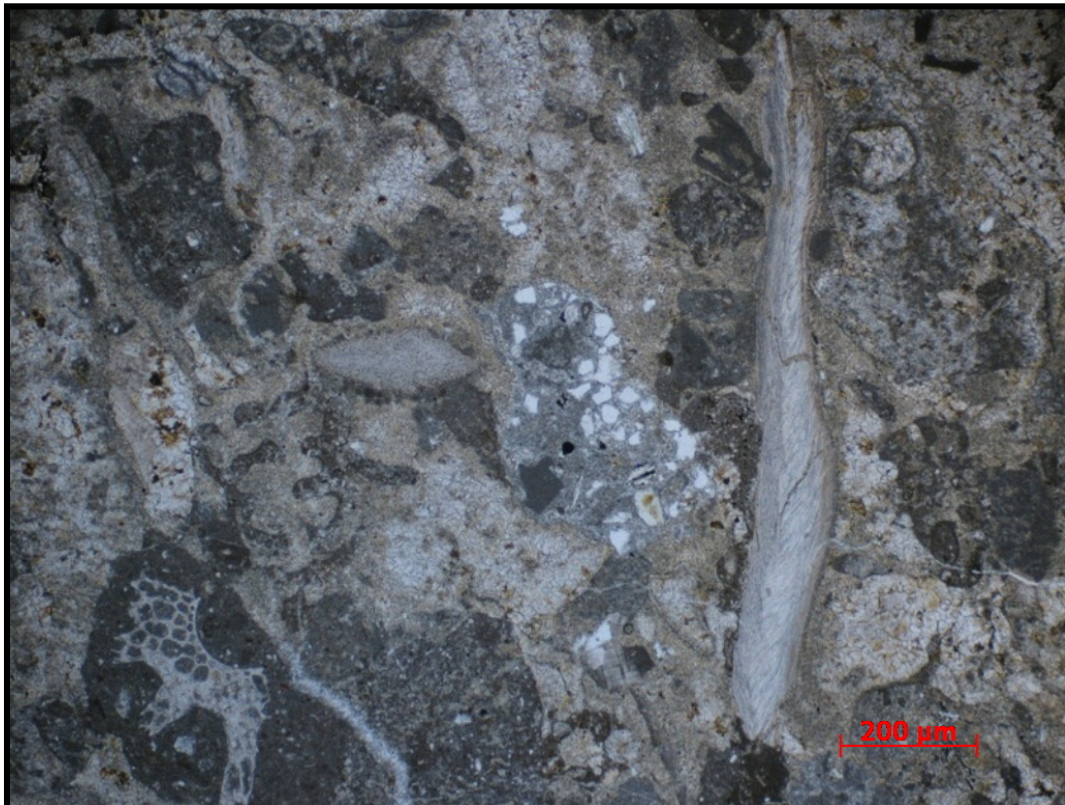
Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: LP

Textura: Soportada por granos
Aloquímicos:

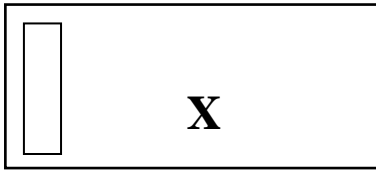
- Algas
- Moluscos
- Braquiópodos
- Equinodermos
- Fragmentos de Corales

Relación Aloquímicos / Ortoquímicos: 80 /20
Cementante / Matriz: esparita
Minerales accesorios: óxidos

CLASIFICACIÓN: GRAINSTONE / BIOESPARITA



Muestra: AC-156



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena gruesa

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

TIPO DE GRANOS

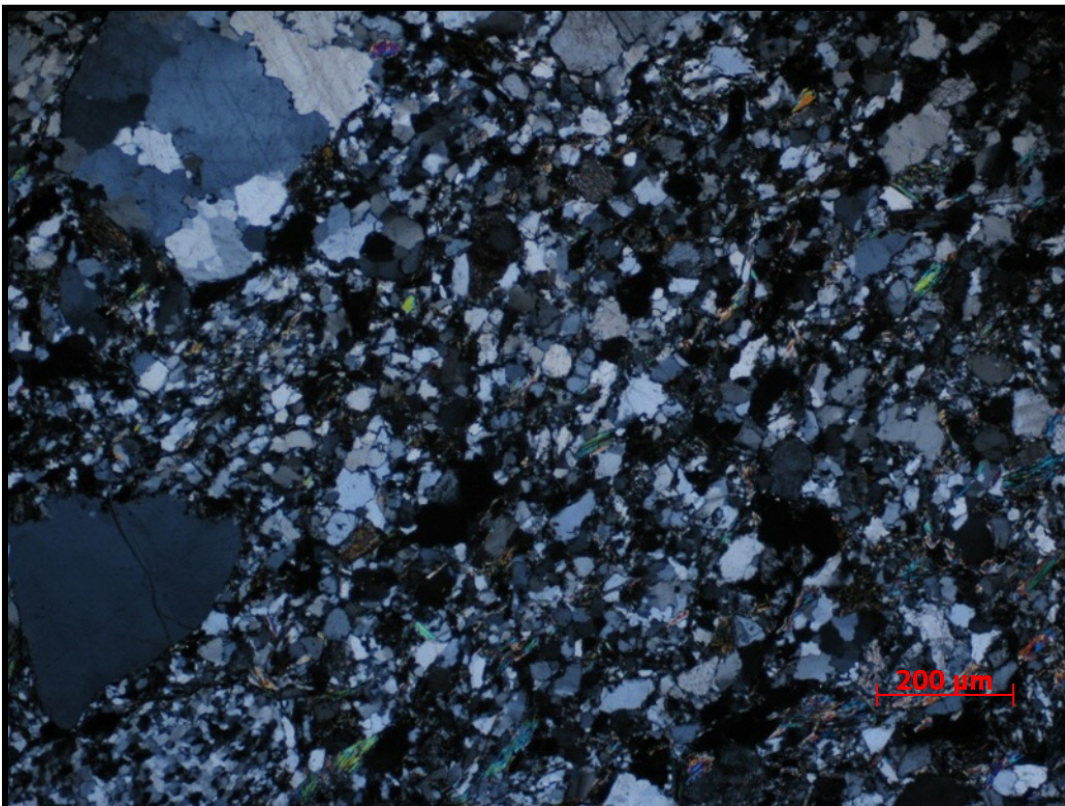
Cuarzo: policristalino, presenta extinción ondulante

Feldespatos: feldespato potásico

Micas: biotitas deformadas

CLASIFICACIÓN:

SUBARCOSA



Muestra: AC-157



Aumento: 10 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena fina

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino

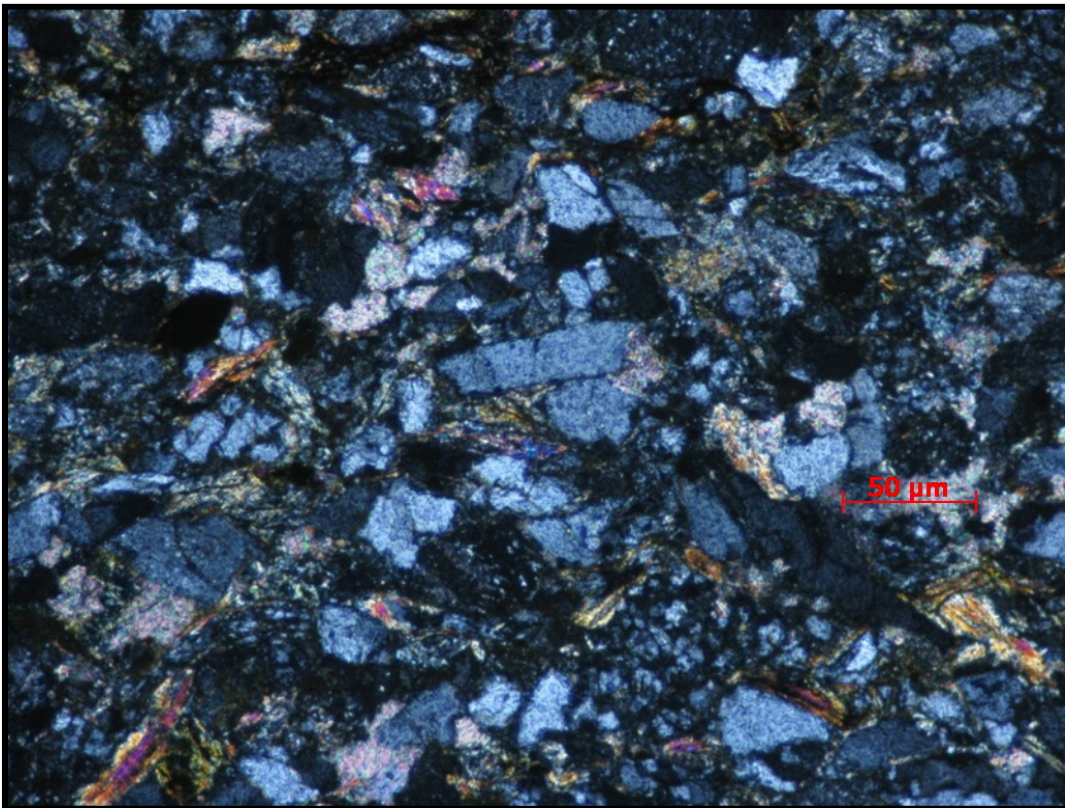
Feldespatos: feldespato potásico

Micas: biotitas deformadas

Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

SUBARCOSA



Muestra: AC-158



Aumento: 2.5 X
Tipo de luz: NC

TEXTURA

Tamaño de grano: arena media

Clasificación: mal clasificada

Forma: equidimensional

Redondeamiento: muy angulosos

TIPO DE GRANOS

Cuarzo: monocristalino, policristalino,

Feldespatos: feldespato potásico y plagioclasas

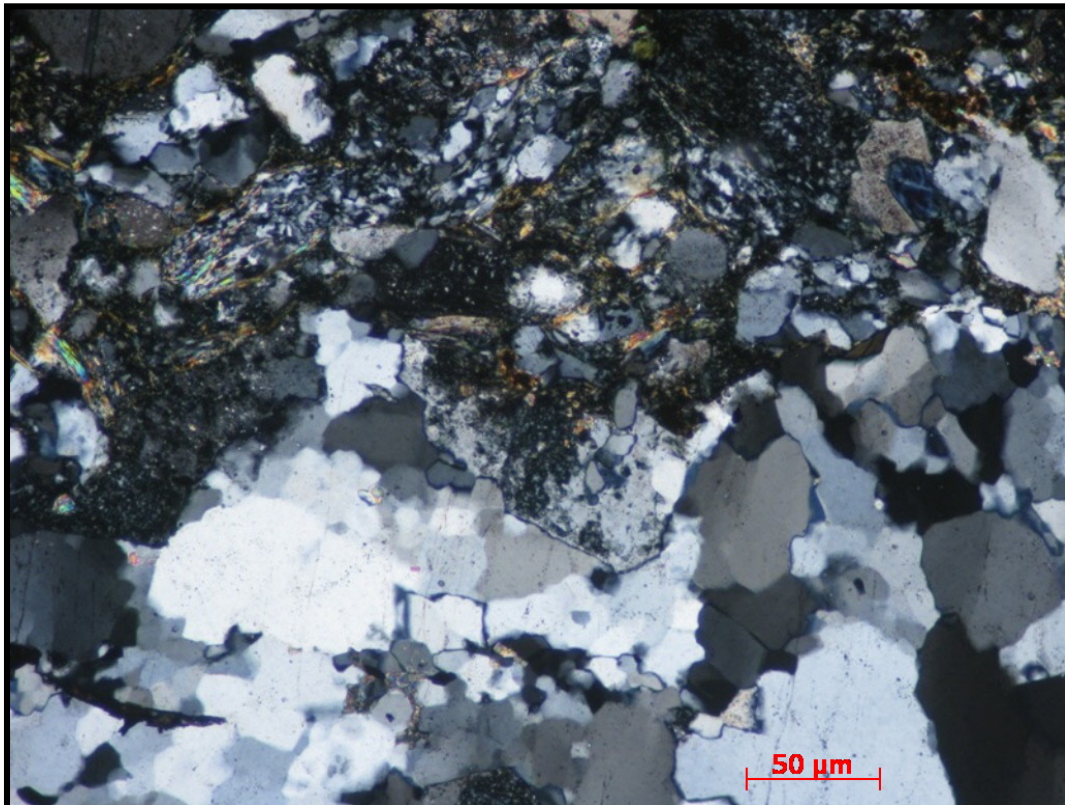
Micas: biotitas deformadas

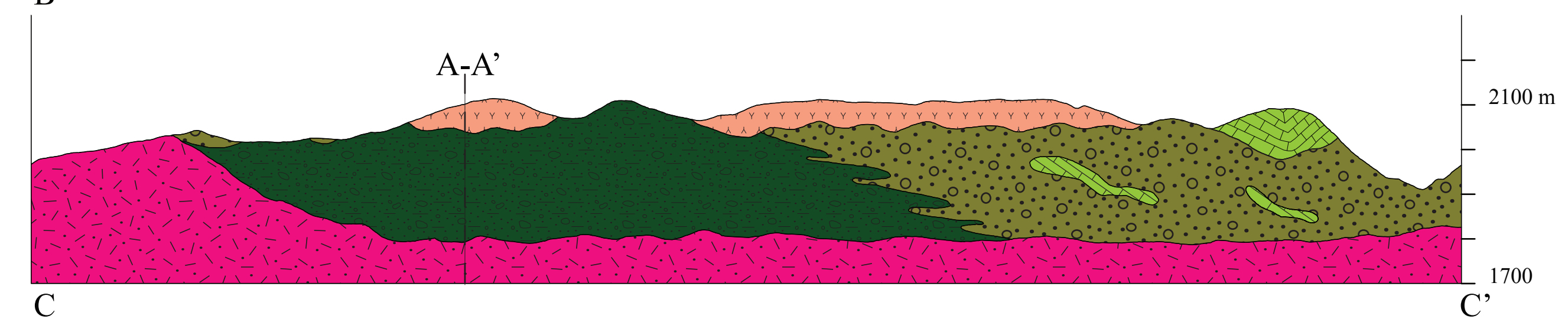
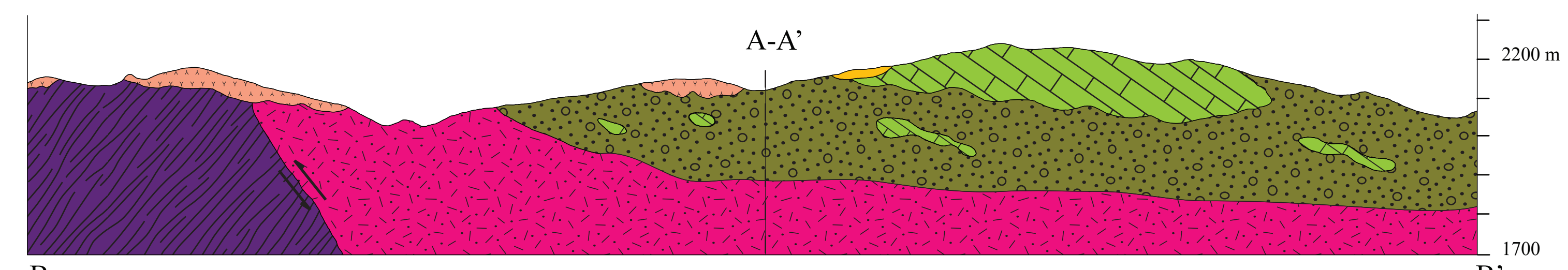
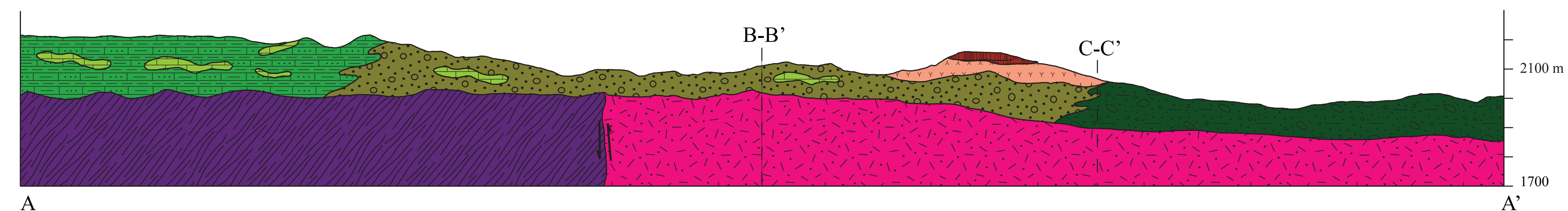
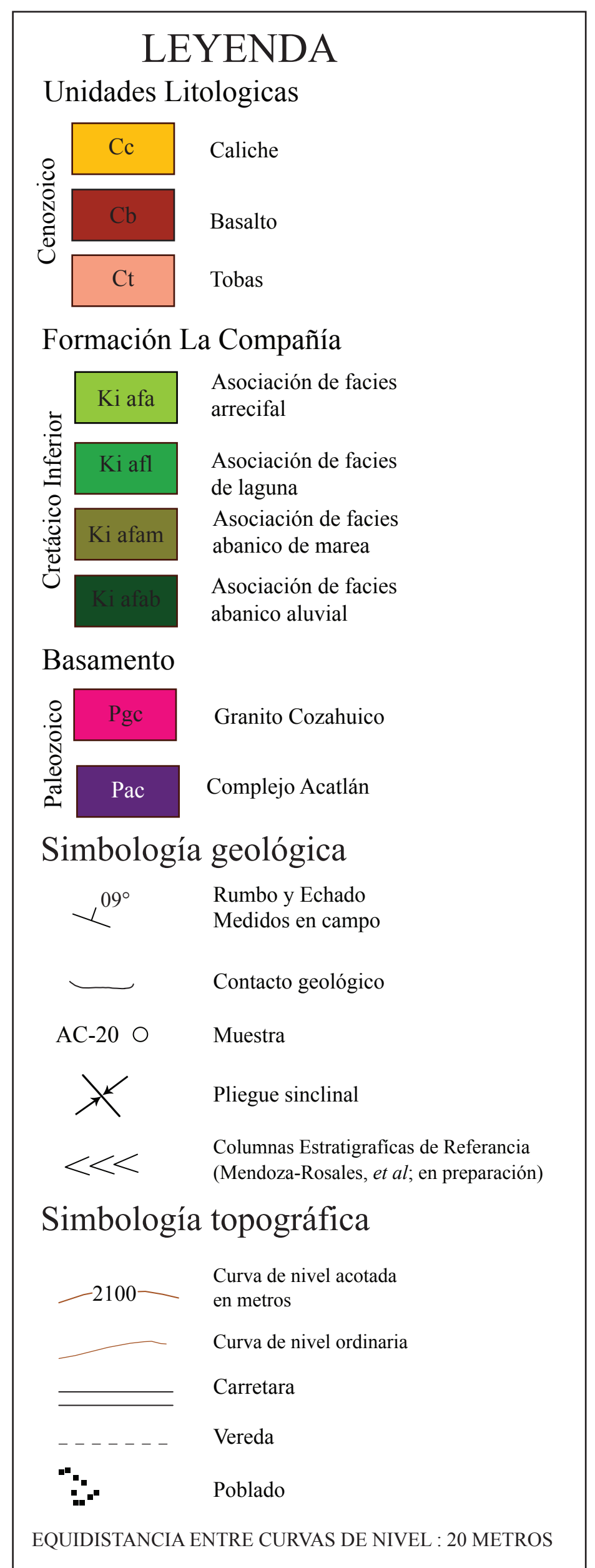
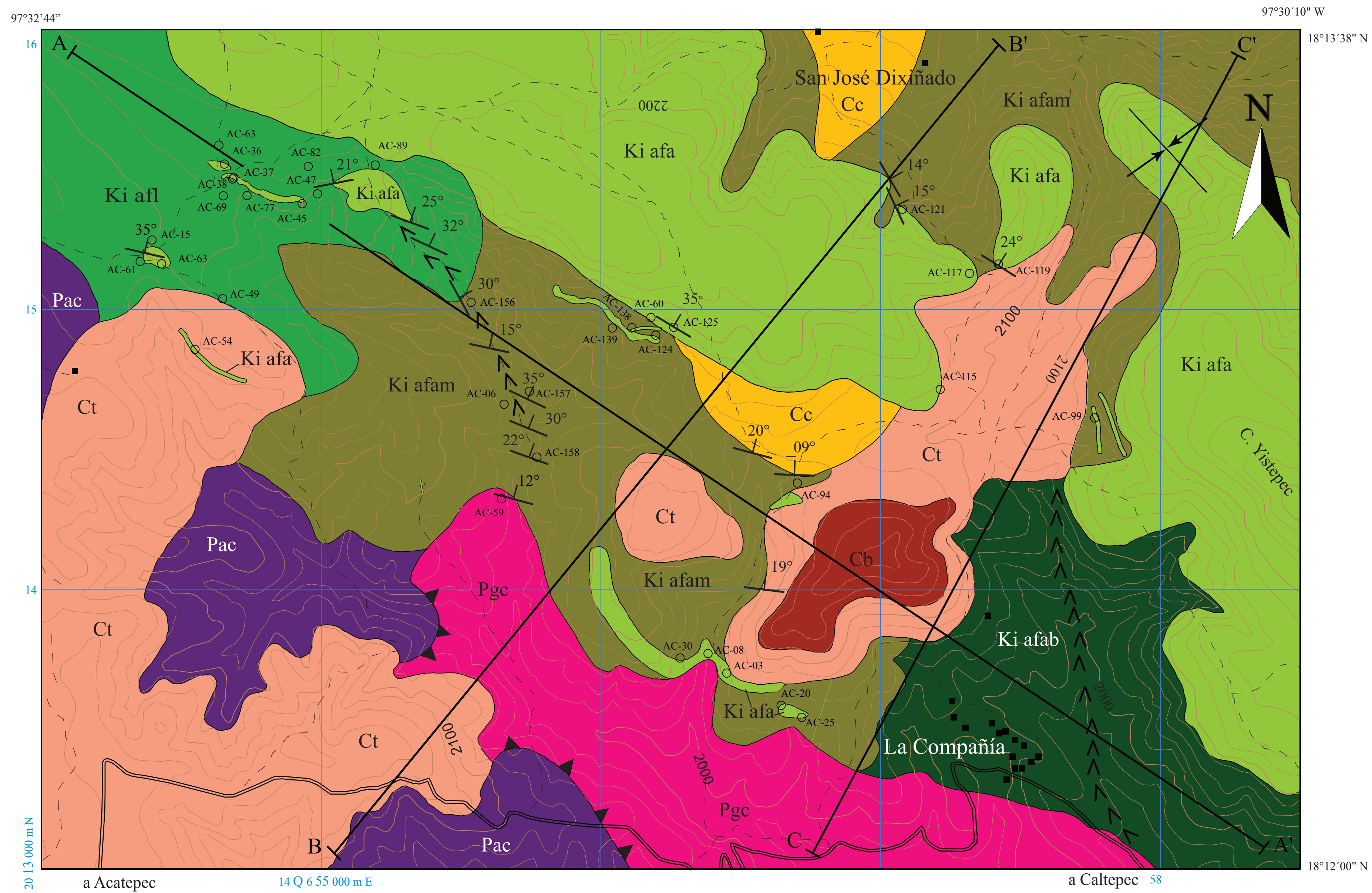
Fragmentos de roca: pedernal

Minerales secundarios: óxidos

CLASIFICACIÓN:

SUBARCOSA





NC
*
Convergencia de la cuadrícula para el centro de la hoja 28'
Variación magnética anual de 04' W
Declinación magnética para 2009 06° 08' E
Elipsoide GRS80
ITRF92

Análisis de Facies de la Formación La Compañía, Caltepec, Estado de Puebla, México.

Mapa de Litofacies Formación La Compañía

Ramírez Vargas David

Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería UNAM, 2009