



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra

Instituto de Geología

**Análisis tectonoestratigráfico del sector sur de la Cuenca Ayuquila,
Oaxaca, México. Su implicación tectónica.**

Tesis

**Que para optar por el grado de
Maestro en Ciencias de la Tierra**

Presenta

Alam Israel de la Torre González

Director:

Dr. Gilberto Silva Romo

Facultad de Ingeniería UNAM

Miembros del Comité tutor:

Dr. Enrique González Torres - Instituto de Geología UNAM

Dr. Gustavo Tolson Jones - Instituto de Geología UNAM

Dra. Elena Centeno García - Instituto de Geología UNAM

Dr. Armando Altamira Areyán - Comisión Nacional de Hidrocarburos

Ciudad Universitaria, CDMX, Enero de 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos:

Quiero agradecer a Gilberto Silva Romo por brindarme su apoyo, agradezco al Proyecto PAPIIT IN 116116 “Evolución tectosedimentaria de la región centro-sur de México durante la ruptura de Pangea” ya que los recursos requeridos para la elaboración de esta tesis corrieron por cuenta de este proyecto, también quiero agradecer al CONACYT.

Quiero agradecer a mis amigos y amigas: Juan Iván Nápoles Valenzuela, Carlos Bonifacio Serralde, Orestes Antonio de la Rosa Mora, Teodoro Hernández Nieto, Sandra Juárez Zúñiga y Karina Dolores Martínez Reyes, por apoyarme en mi formación profesional.

También quiero agradecer a mi Familia por apoyarme en todo momento, quiero agradecer a mi hermano Erik Daniel de la Torre González por ser para mí un ejemplo de grandeza y fortaleza, a mi hermana Brenda Viridiana de la Torre González por ser para mí un ejemplo de la paciencia y la perseverancia, a mi padre Higinio de la Torre Sánchez por enseñarme a ser incrédulo de mis semejantes y a mi madre María Antonieta González Roblero por ser para mí un ejemplo de humildad.

Contenido

RESUMEN	1
1.- INTRODUCCIÓN	3
1.1 Planteamiento del problema.	4
1.2 Objetivos.	5
1.3 Hipótesis.	5
1.4 Ubicación del área de estudio.....	6
1.5 Metodología de trabajo.....	7
1.5.1 Cartografía geológica.....	8
1.5.2 Trabajo de campo	8
1.5.3 Procesado de datos.	9
1.5.4 Petrografía y fechamiento isotópico	9
1.6 Antecedentes	10
2.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	11
2.1 Cuenca Ayuquila	12
2.2 Cuenca Tezoatlán.....	15
2.3 Cuenca Otlaltepec	17
2.4 Cuenca Olinalá	18
2.5 Estructuras Mayores	19
3.- LA FORMACIÓN AYUQUILA EN EL SUR DE LA CUENCA AYUQUILA	20
3.1. Columna estratigráfica Tejaltilán.....	22
3.2. Columna estratigráfica San Pedro.....	27
3.3 Relaciones estratigráficas y edad.....	30
4.- PETROGRAFÍA Y FECHAMIENTO ISOTÓPICO	31
4.1 Tejaltilán.....	31
4.2 San Pedro Yodoyuxi	33
4.3 Geocronología.	38
5.- LA DEFORMACIÓN EN LA CUENCA AYUQUILA.	40

5.1 Localidad Km 20.....	41
5.2 localidad Km 16.....	41
5.3 Localidad Tejaltilán.....	43
5.4 Localidad San Pedro.....	47
5.5 Localidad Chilixtlahuaca (deformación en la Formación la Mora).....	52
6.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
7.- CONCLUSIONES	60
8.- REFERENCIAS	63

RESUMEN

Se realizó el análisis de los rasgos estructurales sin-sedimentarios y las características sedimentológico-estratigráficas de la Formación Ayuquila expuesta en el sector sur de la Cuenca Ayuquila. La Cuenca Ayuquila es una cuenca Jurásica elongada en dirección NNW en el sur de México. En este trabajo se presenta un modelo para la cinemática de las estructuras involucradas en la apertura de la Cuenca en el marco de la ruptura de Pangea y del ambiente de depósito de la Formación Ayuquila. De acuerdo con el análisis realizado, se propone que la Formación Ayuquila representa la evolución de un sistema fluvial del Jurásico Medio, desde un ambiente de corrientes trenzadas en el sector norte, hasta facies propias de un sistema fluvial meándrico en el sector el sur. Se propone a la Cuenca Ayuquila como una cuenca tipo pull-apart derecha con elongación en sentido aproximado norte-sur que se asume corresponde al régimen tectónico regional durante la ruptura de Pangea. Cuando se generaron una serie de cuencas elongadas en dirección NNW, cuya formación desarticuló al Paleo Río La Mora-Sanozama, sistema fluvial mayor cuyas facies de planicie de inundación atestiguan, en sus rasgos estructurales en las cercanías de Chilixtlahuaca, el desplazamiento lateral derecho del Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino, límite occidental de la Cuenca Ayuquila. De acuerdo a su contenido de circones detríticos, la Formación Ayuquila comenzó a acumularse hace no más de 174 Ma. Por otra parte, con base en la edad del Litodema Chilixtlahuaca emplazado en el Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino el proceso de apertura de la Cuenca Ayuquila cesó aproximadamente hace 164 Ma. Así, en este trabajo se propone un régimen tectónico lateral derecho con un rumbo general norte-sur que afectó al Sur de México en el marco de la divergencia de Sudamérica y Norteamérica durante el proceso de disgregación de la Pangea.

ABSTRACT

In this work, synsedimentary structural features analysis and the study sedimentological-stratigraphic characteristics of the Ayuquila Formation, exposed in the southern sector of the Ayuquila Basin, was carried out. The Ayuquila Basin is a NNW elongated trend basins on southern Mexico. In this work, a model for the kinematic structure involved in the Ayuquila Basin opening in the Pangea breaking framework and the deposit environment of the Ayuquila Formation is presented. According to the analysis carried out, it is proposed that the Ayuquila Formation represents the evolution of a Middle Jurassic fluvial system, from an environment of braided currents in the northern sector, to facies characteristic of a meandric fluvial system in the southern sector. The Ayuquila Basin is proposed as a right pull-apart basin with an approximate north-south elongation that is assumed to correspond to the regional tectonic regime during the Pangea break. When a series of elongated basins was generated in the NNW direction, whose formation disarticulated the Paleo River La Mora-Sanozama, a major fluvial system. With its structural features in the vicinity of Chilixtlahuaca, the facies floodplain of La Mora-Sanozama River testify right lateral displacement of the System of Falla Texcalapa-El Sabino, Ayuquila Basin western boundary. According to its content of detrital zircons, the Ayuquila Formation began to accumulate in a time after than 174 million years ago. On the other hand, based on the age of the Chilixtlahuaca Lithodema emplaced along the Texcalapa-El Sabino Fault System, the Ayuquila basin opening process ceased approximately 164 million years ago. Thus, this work proposes a right lateral tectonic regime with a general north-south trending, whose dislocated Southern Mexico within the framework of the divergence of the Americas during the Pangea disintegration process.

1. INTRODUCCIÓN

En el Sur de México se han identificado cuencas continentales del Jurásico, entre las cuales, las más conocidas son las cuencas Ayuquila (Campos-Madrigal et al., 2013); Olinalá (García-Díaz, 2004) Otlaltepec (Verde-Ramírez, 2015) y Tezoatlán (Zepeda-Martínez, 2017). La formación de esas cuencas se ha asociado al proceso de disgregación del Paleo-continente Pangea (Martini y Ortega-Gutiérrez, 2016); sin embargo, hace falta información estratigráfica y estructural que contribuya a un mejor entendimiento del proceso de separación de Pangea. En este trabajo se propone el marco tectónico en que se formó la Cuenca Ayuquila en el Jurásico Medio, con base en el estudio de la Formación Ayuquila, para la cual se presenta un modelo de ambiente sedimentario y cinemático basado en el registro estratigráfico, estructural, petrográfico y en el fechamiento de sus circones detríticos.

Los modelos paleogeográficos que se han propuesto para el Triásico y finales del Jurásico coinciden en que el sur de México se encontraba en el margen occidental de Pangea (Pindell y Dewey, 1982; Anderson y Schmidt, 1983; Ross y Scotese, 1988; Dickinson y Lawton, 2001; Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 2002; Vega Granillo et al., 2009; Silva-Romo et al., 2015; Martini y Ortega-Gutiérrez, 2016); sin embargo, la mayoría de los trabajos que presentan reconstrucciones del oeste de Pangea se encuentran enfocados a la apertura del Océano Atlántico y a la apertura del Golfo de México, (Dietz y Holden, 1970; Pindell y Dewey, 1982; Anderson y Schmidt, 1983; Pindell, 1985; Ross y Scotese, 1988; Bartok, 1993; Alaníz-Álvarez et al., 1996; Pindell y Kennan, 2009). Los primeros modelos que bosquejan la paleogeografía del sur de México consideraron como un solo bloque a los terrenos del sur de México (Pindell y Dewey, 1982; Anderson y Schmidt, 1983; Ross y Scotese, 1988; Dickinson y Lawton, 2001). Posteriormente, estas interpretaciones evolucionaron conforme el avance del conocimiento y el progreso de las técnicas de análisis; así, surgen dos modelos principales: 1) colocan el Terreno Mixteco en la región del Golfo de México para el Triásico Tardío-Jurásico Temprano (Figura 1A) (Vega-Granillo et al., 2009). 2) Consideran al Terreno Mixteco en la margen occidental de Pangea para el Pérmico Tardío-Triásico Temprano (Figura 1B) (Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 2002). En estos modelos se toma en cuenta el registro físico del basamento de dicho Terreno que es el Complejo Acatlán; sin embargo, hace falta información del registro tectonosedimentario posterior

para comprender la cinemática prevaleciente en el proceso de disgregación de Pangea durante el Jurásico Medio.

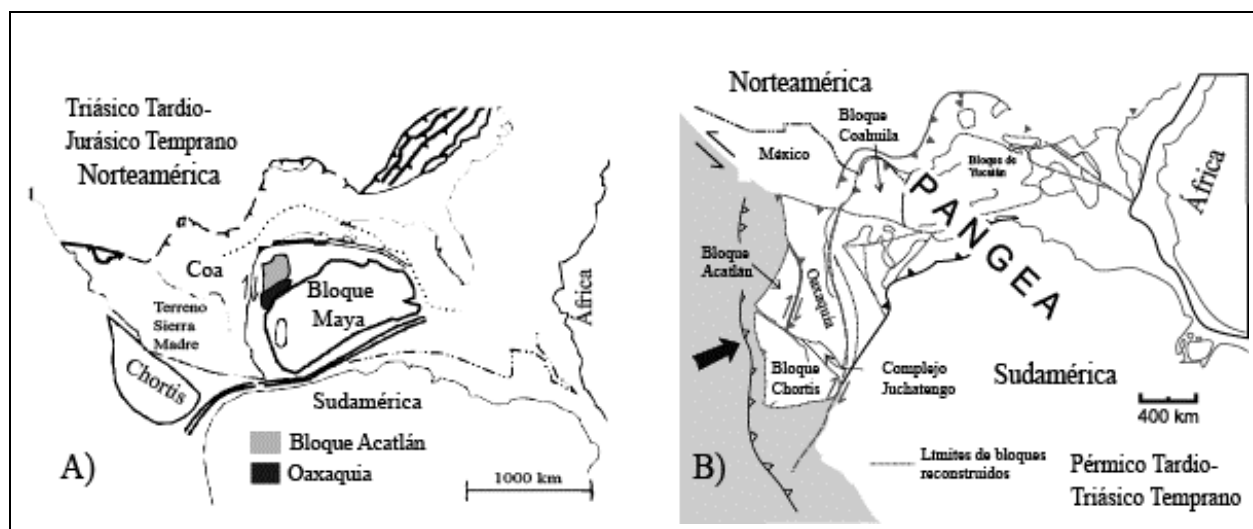


Figura. 1. Paleo-reconstrucciones del oeste de Pangea en la cuales se considera al basamento del Sur de México. A) Propuesta de Vega-Granillo et al. (2009), en la cual colocan al Bloque Acatlán-Oaxaca en el dominio del Golfo de México, B) Paleo-reconstrucción propuesta por Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, (2002), ellos proponen que el Bloque Acatlán-Oaxaca se encontraban en la margen oeste de Pangea.

En este trabajo se realizó un análisis basado en el registro estratigráfico, litológico, en la deformación sinsedimentaria, y el fechamiento isotópico de circones detríticos en la Formación Ayuquila, en el borde suroeste de la Cuenca Ayuquila. Así como la correlación con las cuencas adyacentes con base en el registro estratigráfico contemporáneo a esta, para establecer la cinemática durante la apertura de la Cuenca Ayuquila (Jurásico Medio) y el ambiente de depósito en el cual se acumuló la Formación Ayuquila. Se bosquejó un modelo paleoambiental tomando en cuenta trabajos previos y el resultado de los análisis realizados. Los resultados obtenidos en este trabajo son consistentes con un modelo tectónico de cuenca Pull-apart derecho para la apertura de la Cuenca Ayuquila durante el Jurásico Medio, en el proceso de disgregación de Pangea.

1.1 Planteamiento del problema.

Se ha interpretado que gran parte del sur del territorio mexicano a finales del Triásico y principio del Jurásico correspondía con la margen occidental del supercontinente Pangea (Pindell y Dewey, 1982; Anderson y Schmidt, 1983; Ross y Scotese, 1988; Dickinson y Lawton, 2001; Vega-Granillo et al., 2009; Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez, 2002; Silva-Romo et al., 2015; Martini y

Ortega-Gutiérrez, 2016). En los últimos trabajos Martini y Ortega-Gutiérrez (2016) proponen que entre el Jurásico temprano y Medio, Pangea se encontraba en una etapa de extensión cortical en sentido NW-SE por medio de un sistema de *rift* que se desarrolló en las primeras etapas de adelgazamiento cortical (Figura 2), el cual generó una serie de cuencas alargadas en dirección de dicha extensión. Martini y Ortega-Gutiérrez, (2016) también presentan evidencias de volcanismo de suprasubducción contemporáneo a la etapa de separación de Sudamérica y Norteamérica en el sur de México; sin embargo, se requiere de información adicional que ayude a comprender, en tiempo y espacio, de forma más concreta, el rol que jugaban los elementos geológicos durante la evolución de Pangea en esta etapa extensiva, así como correlación entre las cuencas continentales formadas en el Jurásico Medio del sur de México.

Definir la evolución tectonosedimentaria de la Cuenca Ayuquila es un factor clave para determinar cómo fue la extensión cortical en este sector. Con base en la geometría, estratigrafía y fechamientos isotópicos Campos-Madriral et al. (2013) bosquejaron que la Cuenca Ayuquila es una cuenca que se abrió en un régimen transtensivo lateral izquierdo no hace más de 181 Ma y que el ambiente de depósito en el norte corresponde con abanicos aluviales que alimentaban un sistema fluvial trenzado hacia el sur, además que, las estructuras mayores que propiciaron la apertura de esta cuenca están relacionadas con la exhumación del Complejo Ayú.

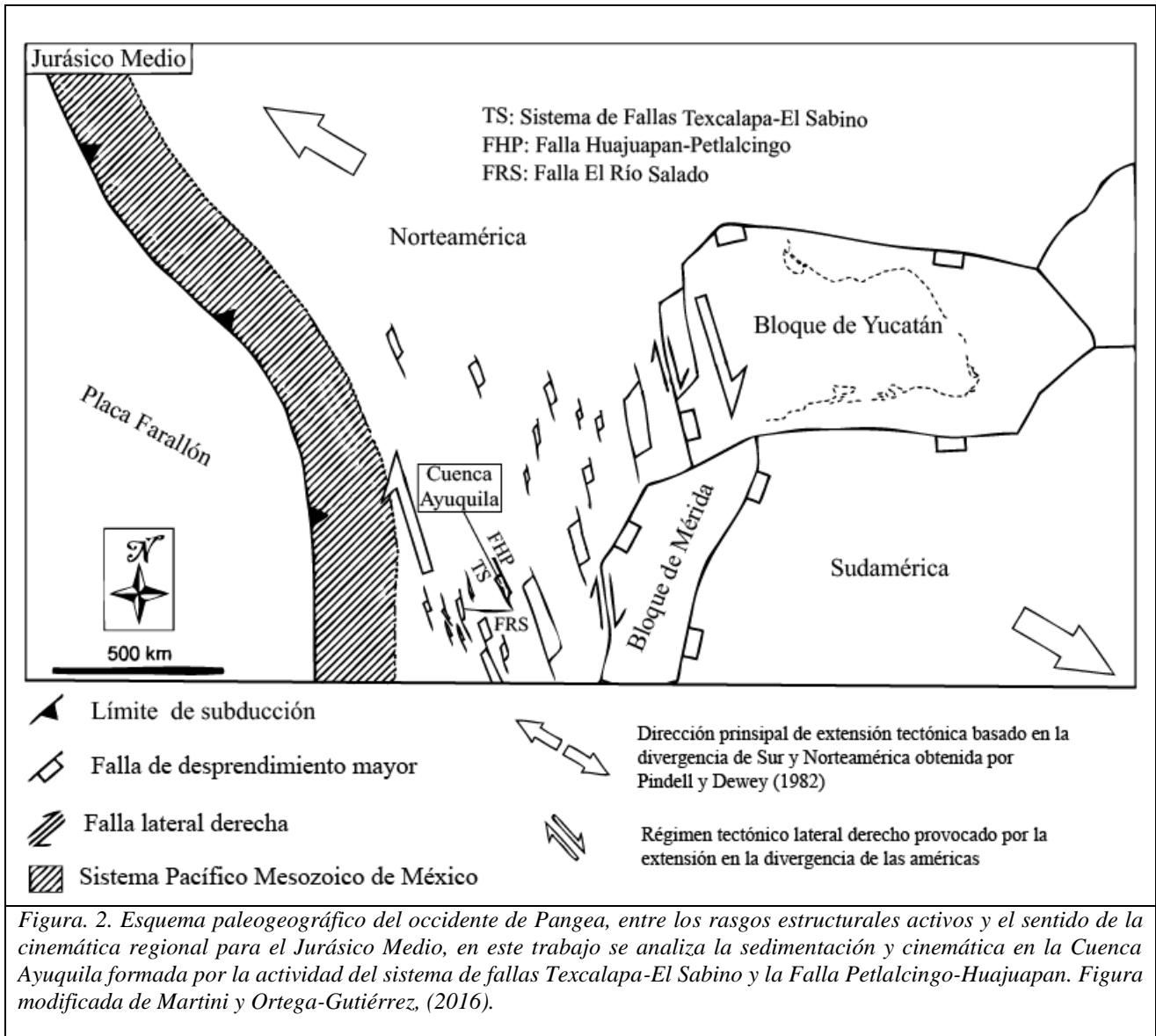
1.2 Objetivos.

Caracterizar la deformación sinsedimentaria y las facies en el sector sur de la Cuenca Ayuquila, para discernir el marco tectónico y el ambiente en el cual se acumuló la Formación Ayuquila.

Proponer un modelo de evolución tectonosedimentaria para la Cuenca Ayuquila durante el Jurásico Medio

1.3 Hipótesis.

La deformación sinsedimentaria de la Formación Ayuquila expresa la cinemática de la Cuenca Ayuquila durante el Jurásico Medio. La Formación Ayuquila registró la cinemática regional en el sector sur de México durante el Jurásico Medio.



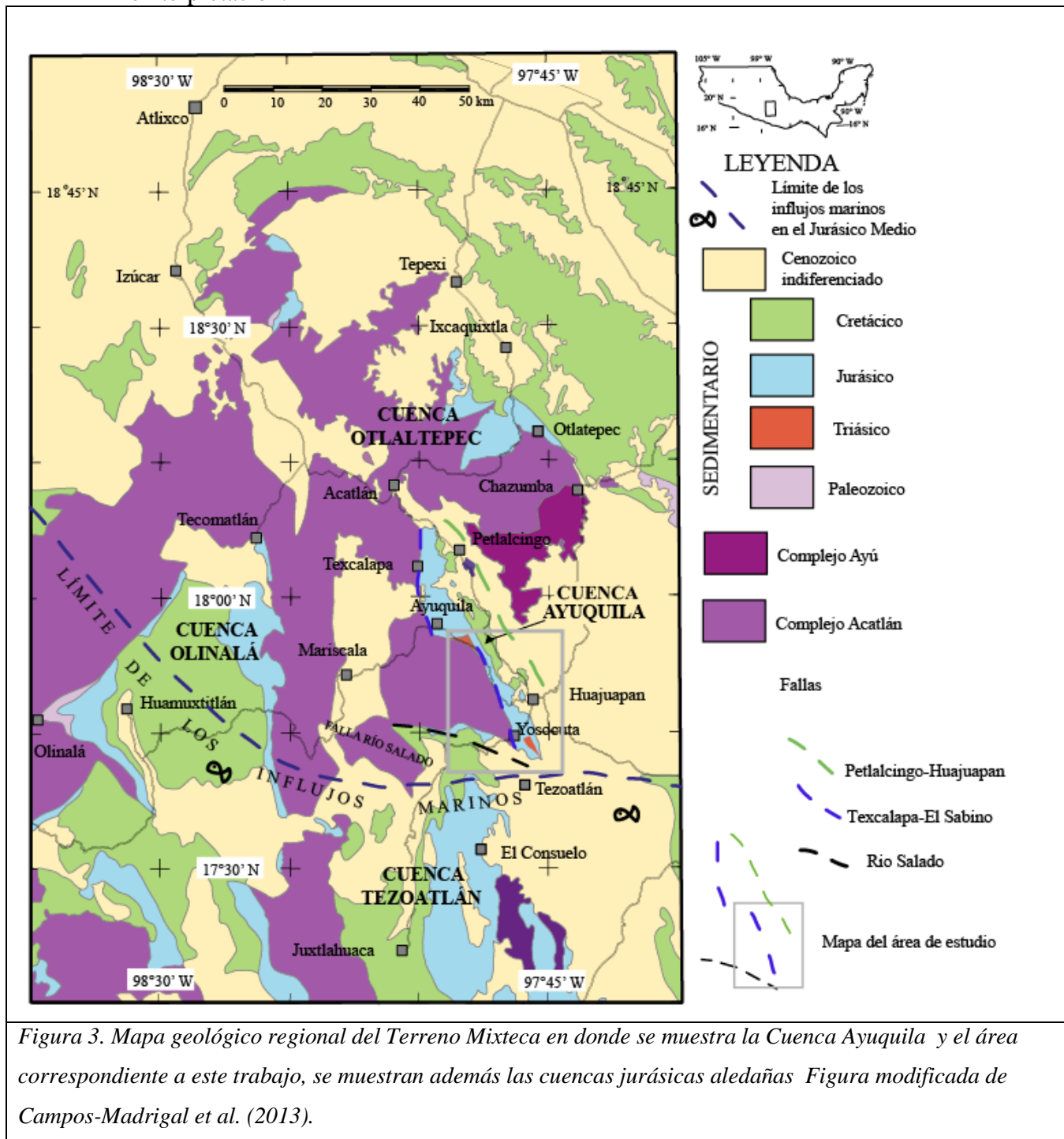
1.4 Ubicación del área de estudio.

La Cuenca Ayuquila, se extiende desde el sureste de Acatlán de Osorio, Puebla, hasta el sur de Huajuapán de León, Oaxaca (Figura 3). La cuenca fue desarrollada en el Terreno Mixteco, su límite occidental corresponde al Complejo Acatlán (Ortega-Gutiérrez, 1978) y el límite oriental al Complejo Ayú (Helbig et al., 2012). El relleno continental corresponde con las formaciones jurásicas Ayuquila, Tecmazúchil.

El objeto de estudio de este trabajo es la Formación Ayuquila en el sector sur de la Cuenca Ayuquila, la mayor parte de la Cuenca Ayuquila se encuentra en el estado de Oaxaca, al noroeste, este y sur de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León. Sobre la carretera Federal 190 entre Acatlán de Osorio hacia Huajuapán de León se encuentran varios afloramientos de la Formación Ayuquila.

1.5 Metodología de trabajo.

La metodología de trabajo constó de diferentes etapas como son: revisión del estado del arte, trabajo de gabinete, interpretación, trabajo de campo, procesado de datos, análisis y reinterpretación.



1.5.1 Cartografía geológica.

Para la cartografía del área se ocuparon fotografías aéreas e imágenes satelitales, en las cuales se delimitaron las unidades identificadas por medio de criterios fotogeológicos de acuerdo a Silva-Romo et al. (2016). Posteriormente se pasaron a la base topográfica los trazos delimitantes propuestos. Después se verificaron los contactos y las litologías propuestas en el área de estudio y se realizaron las correcciones necesarias. Se verificó la existencia de las unidades expresadas en el mapa y se revisó la naturaleza de sus límites.

1.5.2 Trabajo de campo

Se obtuvieron datos estructurales de los rasgos identificados como fallas con brújula Tipo Brunton, con principal énfasis en las reconocidas como sinsedimentarias tomando en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Aumento de espesor en el bloque de techo generando yuxtaposición con uno o más estratos inferiores del bloque de piso.
- 2) Las fallas no cortan a estratos más recientes.

Algunos rasgos se reconocieron como fallas posteriores a la litificación, para estos se tomaron estrías de desplazamiento junto con indicador cinemático. De acuerdo a la propuesta de Doblas (1988), se registró el sentido del desplazamiento de las fallas por medio de la identificación de indicadores cinemáticos, y se registró el nivel de certidumbre del indicador identificado en escala del 1 al 3, donde la certidumbre decrece con el valor del número. En general se tomaron datos puntuales y en algunos casos, se levantaron secciones geológicas esquemáticas, en las cuales se registró la deformación sinsedimentaria en dichos paquetes asociada a las facies en que se presenta.

Medición de columnas estratigráficas.

Se midieron dos columnas, una en la localidad de Tejaltilán y otra en la localidad de San Pedro. Para ello se uso un Báculo de Jacob en sentido ascendente siguiendo la dirección de la recta de la inclinación máxima de los estratos, se registraron, las facies sedimentarias de la Formación Ayuquila.

Colecta de Muestras para fechamiento.

Se colectaron dos muestras para obtener circones detríticos de la Formación Ayuquila, una en cada localidad de medición de columna. Las muestras se trituraron a tamaño de gravas in situ, se descostraron los fragmentos que tenían superficies meteorizadas y se seleccionaron aquellos con superficie fresca, se recolectaron entre 15 y 18 kilogramos de cada muestra. La localidad y el nivel de muestreo se ubicó en las columnas estratigráficas.

1.5.3 Procesado de datos.

Los datos estructurales, de fallas sinsedimentarias se procesaron con el software Stereo32, se realizó un análisis estadístico para la determinación de su tendencia general. En los casos donde no se tenía claridad de que las fallas observadas fuesen rasgos sinsedimentarios, estos se filtraron por medio del conteo estadístico en el software Stero32.

Análisis de datos estructurales y estratigráficos

Dado que en el presente trabajo se reconocieron fallas sinsedimentarias y que la sucesión clástica portadora de la deformación se encuentra basculada, se realizó corrección estructural, para obtener la orientación original de las fallas. En la corrección se invoca el principio estratigráfico de horizontalidad original. Los datos estructurales de las fallas se rotan, el eje de giro es el rumbo del estrato portador, en tanto que el valor angular del giro es el propio del echado. Cabe mencionar que algunos datos obtenidos en sectores donde la estratificación es subhorizontal, se muestran sin corrección. Por otra parte, en el análisis no se valoró la posibilidad de la existencia de elementos rotados conforme a un eje vertical.

Para la corrección de datos de estratificación cruzada que son los presentes en las facies de relleno de canal y *bedforms* de arena se tomaron los datos contenidos dentro de un estrato y se corrigieron de igual forma que los datos estructurales, así la dirección de las paleocorrientes es interpretada como la dirección de la recta de máxima pendiente de los planos de estratificación cruzada.

1.5.4 Petrografía y fechamiento isotópico

Para hacer el análisis petrográfico se tomaron 16 muestras de mano apropiadas para la elaboración de láminas delgadas. Se les asignó una clave para llevar el control del lugar de donde se extrajeron, se marcó el corte de interés y se enviaron al laboratorio para su corte y laminación. Posteriormente se procedió al estudio de las láminas delgadas mediante un microscopio

petrográfico. Se realizó un conteo de 100 puntos para cada lámina delgada lo cual de acuerdo con Van der Plas y Tobi (1965) corresponde con un error de $2\sigma = 10\%$. Las muestras se clasificaron en el diagrama ternario de cuarzo, feldespato y lítico de acuerdo a Garzanti (2016). Para el conteo de puntos se usó del método Gazzi-Dickinson (Gazzi, 1966; Dickinson, 1970).

El fechamiento isotópico se realizó en circones detríticos contenidos en dos muestras de la Formación Ayuquila. Para la obtención de las edades absolutas se ocupó el método de fechamiento U-Pb por medio de LA (MC) ICPMS (ablación laser (multicolector) espectrómetro de masas de plasma inductivo acoplado) en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias UNAM.

Las muestras para obtener circones detríticos fueron trituradas in situ en fragmentos de tamaño de gravas a cantos, posteriormente se procesaron en el taller de preparación de muestras del Instituto de Geología en donde se tomaron las medidas necesarias para evitar una posible contaminación. Primero se pasó la muestra por la quebradora, donde se obtuvieron fracciones correspondientes con grosor de arenas finas a gruesas, las arenas gruesas se pasaron nuevamente por la quebradora obteniendo una granulometría más fina, posteriormente las arenas finas se procesaron en el pulverizador marca Bico. El producto de este proceso se tamizó y de las fracciones menores a la malla 200, 200 y 100 se obtuvieron los minerales pesados por medio de separación gravitacional en medio acuoso con mesa vibratoria Wilfley. Posteriormente, se separó la fracción pesada magnética por medio del separador Franz obteniendo la fracción no magnética. Después se separaron los cristales identificados como circones de forma manual en un microscopio estereoscópico y por último se mandaron al Laboratorio de Estudios Isotópicos para obtener el fechamiento de los circones detríticos.

1.6 Antecedentes

La Formación Ayuquila fue descrita indirectamente por primera vez por Pérez-Ibargüengoitia et al. (1965) como una sucesión de rocas sedimentarias de origen continental que aflora en el sector sureste del estado de Puebla en las cercanías de Texcalapa. Ellos se refirieron a la sucesión como un “Conglomerado Cuarzoso” y la consideraron parte de la Formación Tecomazúchil. Dada la relación estratigráfica con la Caliza Chimeco del Oxfordiano le asignaron una edad del Jurásico Medio. Posteriormente Ortega-Gutiérrez (1978b) retoma en parte el trabajo de Pérez-Ibargüengoitia et al. (1965). Él realiza estudios en el área de Santa Cruz-Ayuquila, donde al

reconocer diferencias y propone informalmente el nombre de Formación Ayuquila para referirse a la parte basal de la Formación Tecamazúchil. Caballero-Miranda et al. (1990) presentan una reconstrucción paleogeográfica de la porción norte del Terreno Mixteco basándose en trabajo de cartografía, estratigrafía, sedimentología y paleomagnetismo. Con base en estos estudios sugieren una línea de costa para el Jurásico Medio en el sureste del terreno mixteco, además de que, sustentan una procedencia con afinidad Pacífica.

En estudios posteriores de la región Morán-Zenteno et al. (1993) reconocen como una sola unidad a la sucesión clásticas y la denominan Formación Tecamazúchil, ellos proponen un modelo de ambiente evolutivo con base en un análisis estratigráfico en el cual reconocen una etapa de extensión tectónica que generaba una serie de cuencas con eje hacia el sur.

Posteriormente, Campos-Madrigal et al. (2013) retoman el análisis de las sucesiones de la Cuenca Ayuquila y, con base en la identificación de una discordancia mayor y de diferencias litoestratigráficas observadas en diversas secciones de la Cuenca Ayuquila, Campos-Madrigal et al. (2013) proponen subdividir formalmente a la sucesión preoxfordiana en dos unidades litoestratigráficas de acuerdo con el código estratigráfico norteamericano. Además, establecen edades absolutas para las formaciones Ayuquila y Tecamazúchil colocándolas entre el Bajociano y el Calloviano con base en fechamiento de circones detríticos.

2.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio se encuentra en el Terreno Mixteco (Campa y Coney, 1983; Sedlock et al., 1993). El basamento del Terreno Mixteco se compone de rocas metamórficas de protolito sedimentario y una secuencia ofiolítica que fue obducida por encima del complejo durante el Paleozoico Medio (Sedlock et al., 1993). El basamento del terreno Mixteco está constituido por los complejos Ayú y Acatlán, sobre el basamento se encuentran labradas las Cuencas Otlaltepec, Olinalá, Ayuquila y Tezoatlán (Figura 3). En términos generales, dichas cuencas son de origen tectónico y se formaron durante el Jurásico medio como respuesta a la extensión que experimentó el sur de México, durante la ruptura de Pangea. Por otro lado, esas cuencas evolucionaron desde condiciones continentales con depósitos clásticos acumulados por sistemas fluviales, hasta depósitos marinos que evidencian una transgresión diacrónica entre el Jurásico medio y tardío.

Complejo Acatlán

El Complejo Acatlán está constituido por ocho unidades litoestratigráficas, Diques San Miguel (intrusiones tabulares de tonalita granito y pegmatita), Tronco Totoltepec (cuerpo intrusivo poco metamorfoseado), Granitoides Esperanza, rocas graníticas con intercalaciones de metasedimentarias, Formación Tecomate (metasedimentaria de protolito clástico fino), Formación Xayacatlan (Esquistos verdes), Formación Cosoltepec y Formación Chazumba (metasedimentario) así como la Migmatita Magdalena Migmatita). Actualmente parte de lo que se consideraba como el Complejo Acatlán (Migmatita Magdalena, Formación Chazumba y Diques San Miguel) se considera ahora como parte del Complejo Ayú por un proceso de migmatización que sucedió durante el Jurásico (Helbig *et al.*, 2012).

Complejo Ayú.

El Complejo Ayú representa una etapa de transformación de los elementos corticales durante el para finales del triásico y principios del Jurásico y se define en el estudio detallado que Helbig *et al.* (2012) hacen de la Migmatita Magdalena y el Litodema Chazumba. Para la Migmatita Magdalena se han obtenido edades de migmatización de 171 Ma (Keppie *et al.*, 2004), y para el litodema Chazumba Helbig *et al.* (2012) reportan circones detríticos entre los cuales los más jóvenes tienen edades entre los 192 y 291 Ma. El Complejo Ayú incluye los Intrusivos San Miguel y los lentes Tepejillo y Tultitlán. Para el Intrusivo San Miguel se ha obtenido una edad de 172 ± 1 Ma (Yáñez *et al.*, 1991), y para los lentes Tepejillo y Tultitlán edades de aproximadamente 174 Ma (Keppie *et al.*, 2004) intrusiones previas a los depósitos de la Cuenca Ayuquila y que ocurrieron a finales del Jurásico Inferior y principios del Jurásico Medio.

2.1 Cuenca Ayuquila

La Cuenca Ayuquila es un rasgo alargado en dirección NNW-SSE que se extiende aproximadamente 50 km desde el norte de Texcalapa, Puebla, hasta el sur de Huajuapán de León (Figura 3). El límite occidental de la cuenca se encuentra delimitado por el sistema de fallas Texcalapa-El Sabino y corresponde con el Complejo Acatlán. El hombro oriental está delimitado por la falla Petlalcingo-Huajuapán y corresponde con el Complejo Ayú. Estratigráficamente abarca las formaciones Ayuquila, Tecomazúchil, la Caliza Chimeco y Mapache, la edad de depósito va desde el Batoniano (Jurásico Medio) hasta el Cretácico.

Formación La Mora.

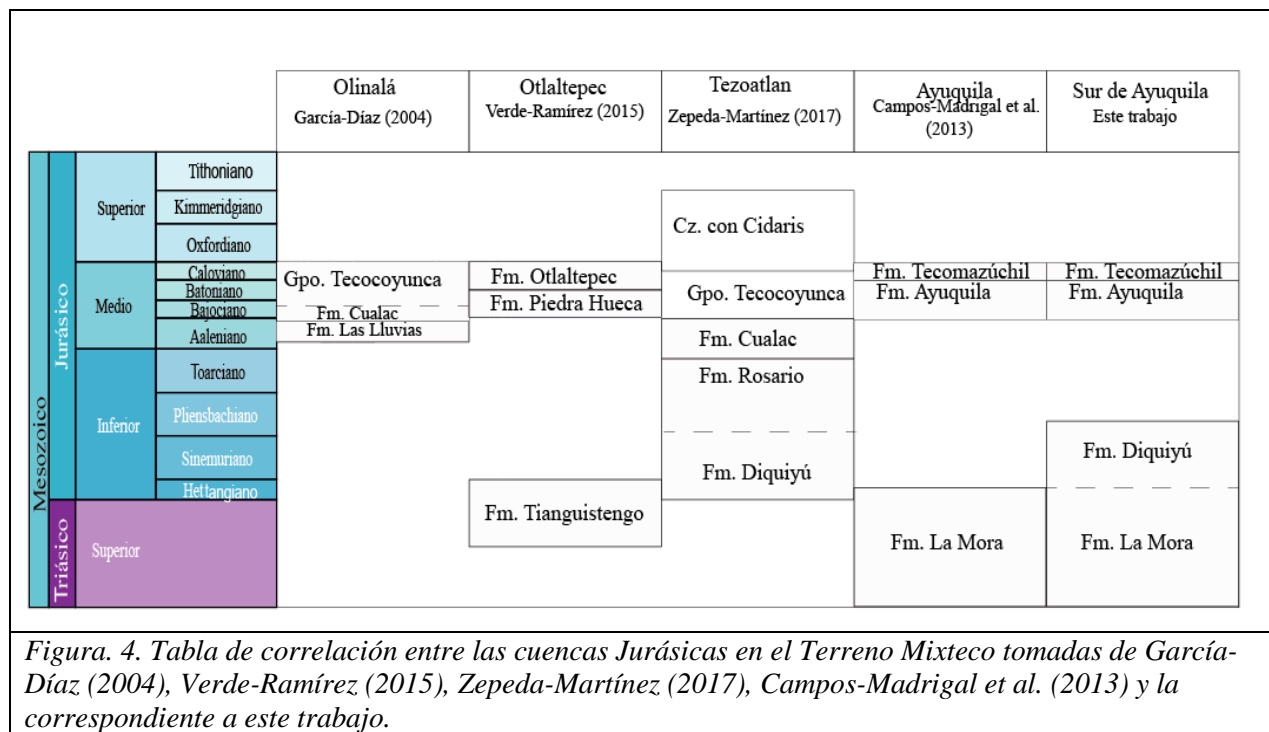
La Formación la Mora unidad previa a la apertura de la Cuenca Ayuquila, se encuentra aflorando al sur de Huajuapán de León y en las cercanías de Chilixtlahuaca, se trata de una sucesión de limolitas con algunos horizontes de conglomerado cuarzoso. Se ha propuesto que estos depósitos se acumularon a finales del Triásico y principios del Jurásico con base en estudios de procedencia (Silva-Romo *et al.*, 2015). Esta unidad se encuentra florando discretamente en el borde suroeste de la Cuenca Ayuquila y al sureste de la misma. La porción que aflora en el sector sur se encuentra poco deformada y basculada hacia el noroeste, donde, la Formación Diquiyú reposa concordantemente encima de esta, mientras que en las cercanías de Chilixtlahuaca se encuentra deformada y sobreyacida por la Formación Ayuquila.

Formación Ayuquila

La Formación Ayuquila fue descrita por Ortega-Gutiérrez (1978b) quien realizó estudios en el área de Santa Cruz-Ayuquila, donde propone nombrar como Formación Ayuquila a la base de los depósitos preoxfordianos que pueden correlacionarse con el conglomerado cuarzoso de la Formación Tecomazúchil de Perez-Ibarguero *et al.* (1965). Posteriormente Campos-Madrigal *et al.* (2013) cartografiaron una discordancia mayor en el relleno de la Cuenca Ayuquila y propone formalmente para el nombre de Formación Ayuquila para referirse al conjunto de conglomerados de clastos metamórficos o de arenisca, grauvacas líticas y feldespáticas que se encuentran por debajo de la discordancia que identificaron. Campos-Madrigal *et al.* (2013) proponen un modelo sedimentológico en el cual la Formación Ayuquila corresponde con depósitos aluviales en el norte, y a un sistema fluvial trenzado en el sur. Campos-Madrigal *et al.* (2013) con base en fechamiento de circones detríticos y el fechamiento del Intrusivo Chilixtlahuaca emplazado en la Formación Ayuquila, interpretan que esta unidad se acumuló durante el Bajociano y Batoniano (Figura 4). En el área de estudio de este trabajo, la Formación Ayuquila se presenta como una intercalación de areniscas con lutitas, en los paquetes más finos se encuentran pequeños troncos en posición de crecimiento. Estos paquetes finos se encuentran confinando a estratos de espesores que varían entre 1 y 1.5m de areniscas gruesas a guijarrosas, dentro de estos estratos se encuentran marcas de troncos, estratificaciones cruzadas curvas, intraclastos entre otras estructuras.

Formación Tecomazúchil

La Formación Tecomazúchil fue descrita por primera vez por Pérez -Ibargüengoitia *et al.* (1965) en el sector sureste del estado de Puebla en las cercanías de Texcalapa, como una sucesión clástica continental que consta de conglomerado, arenisca y limolita que van de beige a rojizo que sobreyace discordantemente al Complejo Acatlán. Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) dedujeron que se acumuló en el Jurásico Medio antes del Oxfordiano dada su relación estratigráfica con la Caliza Chimeco la cual se encuentra sobreyaciendo a la Formación Tecomazúchil de forma transicional. Posteriormente Campo-Madriral *et al.* (2013) formalizan la nomenclatura de la Formación Tecomazúchil como el conjunto de limolitas y areniscas con lentes de conglomerado cuarzoso que se encuentran discordantemente por encima de la Formación Ayuquila. Campos-Madriral *et al.* (2013) proponen un modelo sedimentológico en el cual la Formación Tecomazúchil se depositó en un sistema fluvial trenzado durante el Calloviano (Figura 4), con base en el contenido de circones con edades afines a las propias de la Migmatita Magdalena y la relación estratigráfica con la Caliza Chimeco.



Litodema Chilixtlahuaca

El litodema Chilixtlahuaca fue descrito por primera vez por Ruíz-Castellanos (1970). Campos-Madrigal *et al.* (2013) nombran a este cuerpo de composición granodiorítica como Intrusivo Chilixtlahuaca, al realizar fechamientos por U-Pb en circones contenidos en este litodema, obtuvieron una edad de 164.3 ± 3.6 Ma, este intrusivo se encuentra en la traza de la Falla El Sabino emplazado entre las formaciones La Mora y Ayuquila.

2.2 Cuenca Tezoatlán

La Cuenca Tezoatlán se extiende desde la localidad de Tezoatlán hasta aproximadamente 30 km al sureste de Juxtlahuaca teniendo así una longitud de más de 60 Km (Figura 3) se desarrolló sobre el Complejo Acatlán, tiene una geometría elongada en sentido norte sur. El relleno de la cuenca comprende a las formaciones Diquiyú, El Rosario, Cualac, El grupo Tecocoyunca y la Caliza con Cidarís, teniendo el registro de gran parte del Jurásico.

Formación Diquiyú

La Formación Diquiyú está expuesta al sur de San Juan Diquiyú en el núcleo del anticlinorio homónimo González-Torres (1989). El primer reporte de la Formación Diquiyú fué hecho por Erben (1956b). González-Torres (1989) define a la Unidad Diquiyú como un cuerpo de composición andesítica a veces riolítica, con textura afanítica principalmente, alterado y en ocasiones metamorfoseado con vesículas rellenas de cuarzo, también reporta que estos flujos se encuentran intercalados con tobas con estratificación incipiente con espesores de 10 cm. Morán-Zenteno (1987) describe a la Unidad Diquiyú como un cuerpo volcánico de composición andesítica que contiene flujos volcánicos y rocas piroclásticas de composición intermedia con textura porfídica (basáltico-andesítica). De Anda-García (2008) reporta estructuras de flujo en esta unidad.

Formación el Rosario

La Formación El Rosario ha sido estudiada por varios autores (Erben, 1956b; Ochoterena, 1980; González-Torres, 1981; Morán-Zenteno et al., 1993; Jiménez-Rentería, 2004; Rueda-Gaxiola, 2011; Durán-Aguilar, 2014; Zepeda-Martínez, 2017). De acuerdo con Zepeda-Martínez (2017), quien realizó un trabajo de petrografía detallado, la Formación El Rosario se trata de principalmente de conglomerados con cantidades subordinadas de areniscas, identificados como depósitos epiclásticos, Para Zepeda-Martínez (2017) la Formación El Rosario representa

depósitos de abanicos aluviales o de un sistema fluvial trenzado que drenaba hacia el norte, con base en paleocorrientes. La principal fuente de aporte para la acumulación de la Formación El Rosario fue la Formación Diquiyú. La formación tiene una edad máxima de 179 Ma ya que es el grupo más joven de circones detríticos que contiene (Zepeda-Martínez, 2017), (Figura 4).

Formación Cualac

La Formación Cualac es una sucesión rítmica granodecreciente de conglomerados, los clastos de esta formación son de esquisto verde (Zepeda-Martínez, 2017). Su contacto de la cima es concordante y transicional con el Grupo Tecocoyunca (Erben, 1956b). De acuerdo con Zepeda-Martínez (2017) la Formación Diquiyú se acumuló en un ambiente de transición entre un sistema de abanicos aluviales y un sistema fluvial trenzado el cual drenaba hacia el sur-suroeste durante el Aleniano y finales del Toarciano (Figura 4). Zepeda-Martínez (2017) reporta que la fuente de aporte de esta formación fue el Litodema Cosoltepec, el cual fue expuesto a la erosión por la actividad de la Falla El Río Salado.

Grupo Tecocoyunca

Se ha considerado al Grupo Tecocoyunca como depósitos del Jurásico Medio entre el Bajociano y Caloviano (Erben 1956b; Ochoterena, 1980; González-Torres, 1981, Morán-Zenteno et al., 1993; Durán-Aguilar, 2014; Zepeda-Martínez, 2017) (Figura 4), este grupo es portador de flora y fauna fósil, se ha reportado que este grupo se encuentra en las cercanías de Yucunuty de Juárez y se extiende hasta Tlaxiaco. El Grupo Tecocoyunca está constituido por dos sucesiones (Morán-Zenteno et al., 1993), la sucesión inferior corresponde con depósitos principalmente de material detrítico con intercalaciones de horizontes carbonosos y algunos calcáreos (Morán-Zenteno et al., 1993), la sucesión superior corresponde solamente con depósitos de material detrítico y horizontes carbonosos (Morán-Zenteno et al., 1993). Estos depósitos se han interpretado como una llanura de inundación, la cual fue transgredida por aguas marinas. En el Grupo Tecocoyunca, Erben (1956a,b) reporta amonita con afinidad pacífica (Westermann, 1981) .

2.3 Cuenca Otlaltepec

La Cuenca Otlaltepec se encuentra ubicada en la parte central de la Sierra Mixteca en las cercanías de la localidad de Otlaltepec y al suroeste de Ixcaquixtla (Figura 3), la distribución geográfica del relleno Jurásico se puede dividir en dos sectores, norte y sur, el sector norte presenta una geometría alargada en dirección NE-SW, y el sur una geometría alargada E-W. El relleno de la cuenca se describió en cinco unidades litoestratigráficas, las formaciones Tianguistengo, Piedra Hueca, Otlaltepec, Magdalena y la Caliza Coyotepec. Verde-Ramírez (2015) con base en la deformación sinsedimentaria determinó que la Cuenca Otlaltepec se encontraba en un régimen extensional E-W y NE-SW durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano.

Formación Tianguistengo

La Formación Tianguistengo consiste en litarenitas y limolitas de color rojizo a ocre que afloran en la zona de Santo Domingo Tianguistengo, Oaxaca. Esta unidad fue propuesta por Ramos-Leal (1989) quien considera como localidad tipo a la sección a lo largo del Río Magdalena al sur del poblado de Santa Cruz, Puebla. Ramos-Leal (1989) consideró que esta formación tenía una edad Triásica. Por otra parte Verde-Ramírez (2015) propone que la edad para esta formación corresponde con Triásico Superior-Jurásico Inferior (Figura 4) con base en fechamiento obtenido por medio de circones detríticos y la relación estratigráfica con la unidad superior (Formación Piedra Hueca). Se encuentra sobreyaciendo inconformemente al Tronco Totoltepec, sobre el Río Magdalena, el contacto es estructural por medio de la Falla Totoltepec con el Tronco Totoltepec, hacia la cima el contacto es discordante con la Formación Piedra Hueca y la Formación Otlaltepec también se puede observar sobre el Río Magdalena (Verde-Ramírez, 2015). Silva Romo et al. (2018) proponen que esta Formación es correlacionable con la Formación La Mora presente en el área de Huajuapán de León.

Formación Piedra Hueca

La Formación Piedra Hueca fue nombrada informalmente por Ramos-Leal (1989) como Miembro Piedra Hueca para referirse a una sucesión de areniscas y conglomerados presentes en la región de Santo Domingo Tianguistengo y pertenecientes a la Formación Tecomazúchil. Ortega-Guerrero (1989) la refiere como Unidad Piedra Hueca y la describe con una sucesión de conglomerados lutitas areniscas y limonitas de color rojo, en su mayoría, que se encuentran discordantemente sobre el Complejo Acatlán y el Plutón Totoltepec. Los depósitos basales de la Formación Piedra Hueca consisten en conglomerados con pocas areniscas de grano grueso

intercaladas con lodolitas (Verde-Ramírez, 2015), los fragmentos que contiene son clastos metamórficos, sedimentarios e ígneos, sobreyaciendo a estos depósitos se encuentran paquetes de arenisca cuarzofeldespática con fallas sinsedimentarias (Verde-Ramírez, 2015). Se le ha asignado una edad Jurásico Temprano por el contenido de circones detríticos (Martini et al., 2016; Silva-Romo et al., 2018)

Formación Otlaltepec

Ortega-Guerrero (1989) propone esta unidad, la define como una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas que se encuentran aflorando en la localidad de Santo Domingo Tianguistengo, se encuentra de forma discordante por encima de las formaciones Piedra Hueca y Tianguistengo y también del Complejo Acatlán Verde-Ramírez (2015). Ortega-Guerrero (1989) interpreta que esta formación se acumuló en un sistema aluvial o fluvial; mientras que, Cruz-Cruz (2012) infiere que se trata de un sistema fluvial dentro de un graben con eje orientado NW-SE. Ortega-Guerrero (1989) le asigna una edad Jurásico Medio-Superior con base en el contenido fósil. Por otro lado Silva-Romo et al. (2018) le asignan una edad Cretácica Temprano, con base en fechamiento U/Pb de un circón detrítico.

2.4 Cuenca Olinalá

La Cuenca Olinalá se encuentra al este de Olinalá, Guerrero y se extienden varios kilómetros al suroeste de Juxtlahuaca (Figura 3). El relleno Jurásico de la cuenca se puede dividir en dos sectores uno este y otro oeste, los cuales tienen una geometría alargada en dirección N-S y se extienden más de 50 km. Esta cuenca comprende a las Formaciones Olinalá, Las Lluvias, Cualac, El Grupo Tecocoyunca abarcando depósitos del Jurásico Temprano al Medio.

Formación Olinalá

La Formación Olinalá fue descrita por Corona-Esquivel (1983) quien reconoció siete unidades continentales y marinas, las cuales están compuestas por conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas, esta formación se encuentra al noreste del poblado Olinalá. La formación se encuentra discordantemente sobre el Complejo Acatlán y está sobreyacida por la Formación las Lluvias por medio de una discordancia (Corona-Esquivel, 1983). Guerrero-Sánchez y Quiroz-Barroso (2013) por medio de fauna fósil reconocen que la Formación Olinalá se acumuló en el Pérmico Medio.

Formación Las Lluvias

La Formación Las Lluvias fue reportada primero como un dique félsico por Flores de Dios y Buitrón (1982), posteriormente Corona (1983) reconoce su carácter ignimbrítico. La Formación

Las Lluvias se encuentra estratigráficamente entre la Formación Olinalá y la Formación Cualac, el nombre de Formación Las Lluvias fue dado por Corona-Esquivel (1983), se trata de rocas volcánicas félsicas que se han fechado por medio de circones arrojando edades de entre 179 y 177 Ma (Campa-Uranga et al., 2004; García-Díaz, 2004) (Figura 4).

Formación Cualac

La Formación Cualac está sobreyace en discordancia a la Formación las Lluvias por y le sobreyace el Grupo Tecocoyunca concordantemente (Corona-Esquivel, 1983). La formación es una sucesión de conglomerados y areniscas compuestas de cuarzo principalmente (Corona-Esquivel, 1983). En cuanto a la edad solo se encuentra delimitada por la formación subyacente con una edad máxima de depósito de 177 Ma (Figura 4) (Campa-Uranga, 2004).

Grupo Tecocoyunca

El Grupo Tecocoyunca fue estudiado por primera vez por Burckhardt (1927) y Jenny (1933), posteriormente Guzmán (1950) propone su definición formal atribuyéndolo al Jurásico Medio. Después, Erben (1956b) elevó esta unidad estratigráfica al rango de grupo. El Grupo Tecocoyunca se encuentra por encima de la Formación Cualac de forma concordante. En esta cuenca, el Grupo Tecocoyunca presenta una transición de depósitos arenoarcillosos continentales a depósitos marinos que registra un proceso transgresivo (Corona-Esquivel, 1983). Con base en su contenido fósil, para el Grupo Tecocoyunca se ha propuesto una edad correspondiente al Bajociano-Calloviano (Figura 4) (Erben, 1956 a, b).

2.5 Estructuras Mayores

Los rasgos estructurales mayores presentes en el área de estudio son el sistema de fallas Texcalapa-El Sabino, la falla Petlalcingo-Huajuapán y la Falla Río Salado. Estas estructuras debieron jugar un papel importante en el episodio de apertura de la Cuenca Ayuquila.

Sistema de Fallas Texcalapa-El Sabino

El sistema de Falla Texcalapa-El Sabino es un rasgo estructural que delimita la Cuenca Ayuquila (Figura 3), este sistema de falla se encuentra orientada noroeste-sureste y se extiende aproximadamente 35 km desde Texcalapa hasta Saucitlán, el rasgo estructural está segmentado por un salto o escalonamiento izquierdo en las cercanías de San José Chapultepec, Puebla. Este rasgo estructural se ha interpretado como parte de la deformación cortical asociada a la formación de la Cuenca Ayuquila, proponiéndose como un sistema de fallas con desplazamiento normal (Campos-Madriral et al., 2013), sobre la traza de la falla se encuentran emplazados varios troncos

pequeños alineados, entre ellos el intrusivo Chilixtlahuaca. Campos-Madrigal et al. (2013) obtuvieron una edad U/Pb de 164.3 ± 3.6 Ma.; así, se considera que en esa fecha o antes cesó la actividad del Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino.

Falla Petlalcingo-Huajuapán

La Falla Petlalcingo-Huajuapán se encuentra al noreste de la Cuenca Ayuquila (Figura 3), fue descrita por primera vez por Martiny (2008) quien reconoció el rasgo como Paleógeno de sentido lateral izquierdo con desplazamiento corto y de escala kilométrica, además de asociar la presencia de cuerpos hipabisales emplazados en el Oligoceno en esta zona de debilidad cortical. Posteriormente Campos-Madrigal et al. (2013) proponen que este rasgo estructural tuvo actividad a finales del Jurásico Medio. La Falla Petlalcingo-Huajuapán delimita el borde noreste de la Cuenca Ayuquila, el desplazamiento de esta estructura propició apertura de la Cuenca Ayuquila junto con el Sistema de Fallas Texcalapa-El Sabino.

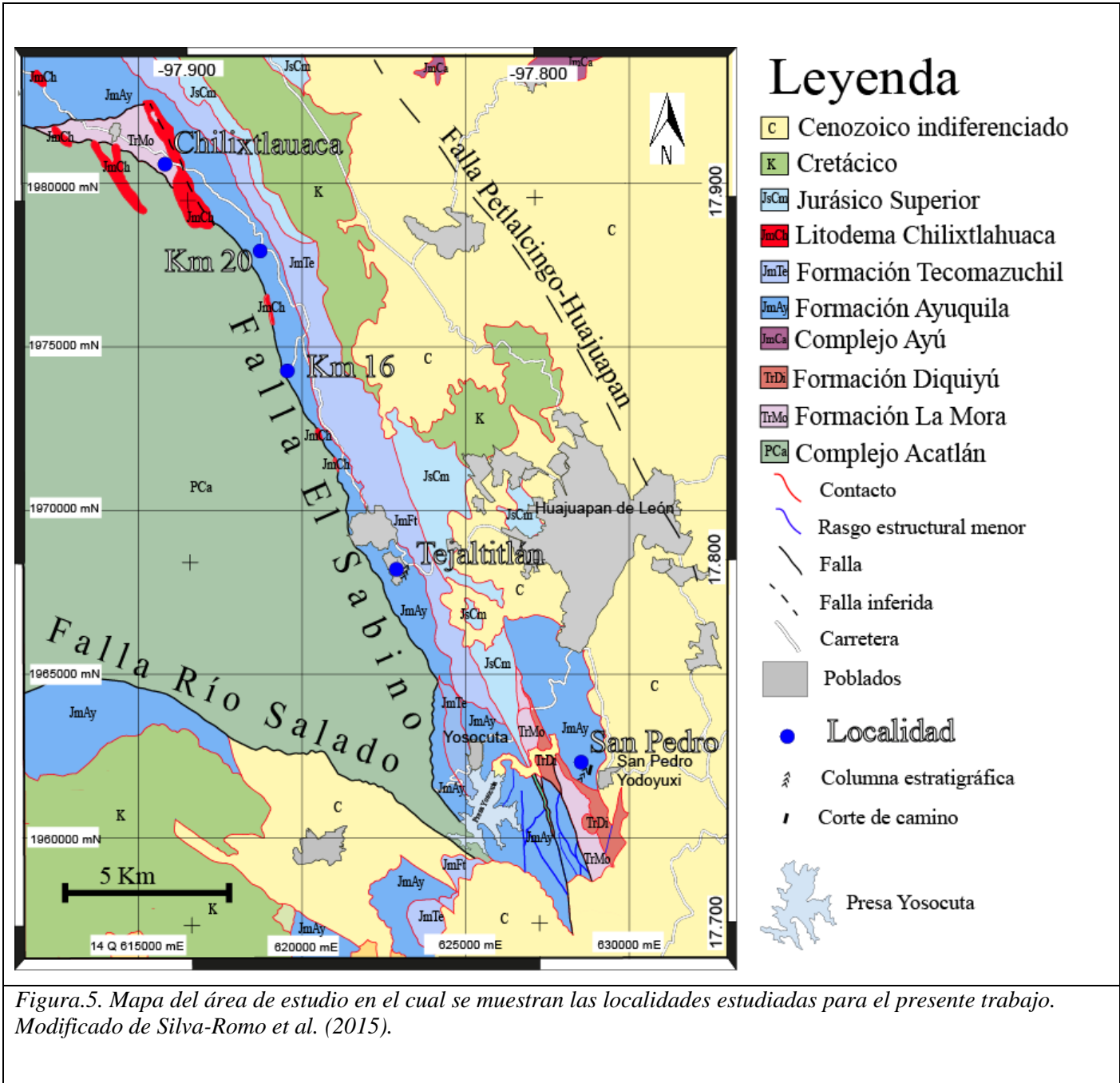
Falla Río Salado

La Falla Río Salado se encuentra al suroeste de la Cuenca Ayuquila (Figura 3) que yuxtapone el basamento paleozoico con rocas depositadas entre el Jurásico Medio y el Cretácico. Es un rasgo prominente orientado NWW-SEE. De acuerdo con Martiny *et al.* (2012), la Falla Río Salado acomodó deformación en dos etapas en contextos tectónicos diferentes: el primero, lateral siniestro, asociado a la apertura del Golfo de México, ocurrió en el Jurásico Temprano y el segundo, en el mismo sentido, contemporáneo a la orogenia laramide. En esta segunda etapa de deformación, la falla sirvió como zona de transferencia entre áreas con diferentes magnitudes de acortamiento (Martiny *et al.*, 2012).

3.- LA FORMACIÓN AYUQUILA EN EL SUR DE LA CUENCA AYUQUILA

El relleno de la Cuenca Ayuquila consta de las formaciones Ayuquila, Tecomazúchil y las Calizas Chimeco y Mapache (Campos-Madrigal et al., 2013). En el sector sur de la Cuenca Ayuquila, en el área de este estudio, la Formación Ayuquila se presenta en general, como una alternancia de lutitas, limonitas y areniscas finas de color ocre a rojizo. Incluye estratos rojizos de areniscas gruesas y conglomerados con estratificación cruzada y curva. Entre el contenido de fósil en la formación, se observan tallos de planta en posición de crecimiento, raíces, y helechos. Además,

en este sector de la Cuenca Ayuquila, se reconoce a la Formación Diquiyú que sobreyace concordantemente a la Formación La Mora en dos sectores (Figura 5).



3.1. Columna estratigráfica Tejaltilán

En la entrada de Tejaltilán (Figura 5), en un arroyo que delimita el pueblo hacia el este, se midió una columna estratigráfica incompleta de 70 m de la Formación Ayuquila (Figura 6). Ahí, la Formación Ayuquila se presenta como una alternancia de limolitas con areniscas de grano fino con materia orgánica (Figura 7A); además, presenta troncos en posición de crecimiento y flora fósil (Figura 7B). En la Columna Tejaltilán se observan lentes de arenisca gruesa a guijarrosa con impresiones de troncos y en algunos casos icnofosiles, con estructuras de estratificación cruzada y curva (Figuras 7C y 7D). Durante la medición de la columna, se identificaron y registraron las Facies estándar propuesta por Miall (2006) para sistemas fluviales (Tabla 1) presentes en la Formación Ayuquila.

En la Columna Tejaltilán se reconocieron tres asociaciones de facies:

Asociación de facies FF depósitos de desborde.

Esta asociación de facies está constituida por las facies Fl, Fm y Fsm, se compone principalmente por depósitos limo-arcillosos, en algunas partes se observan cambios granulométricos sutiles presentándose arenas muy finas (Figura 7A). En algunos niveles se observa materia orgánica (Figura 8); hacia la cima de la columna medida se observan plantas fósiles en posición de crecimiento, sobre todo en las facies Fl. Las areniscas presentan abundantes granos de cuarzo y comúnmente se encuentran impresiones de helechos (Figura 7B).

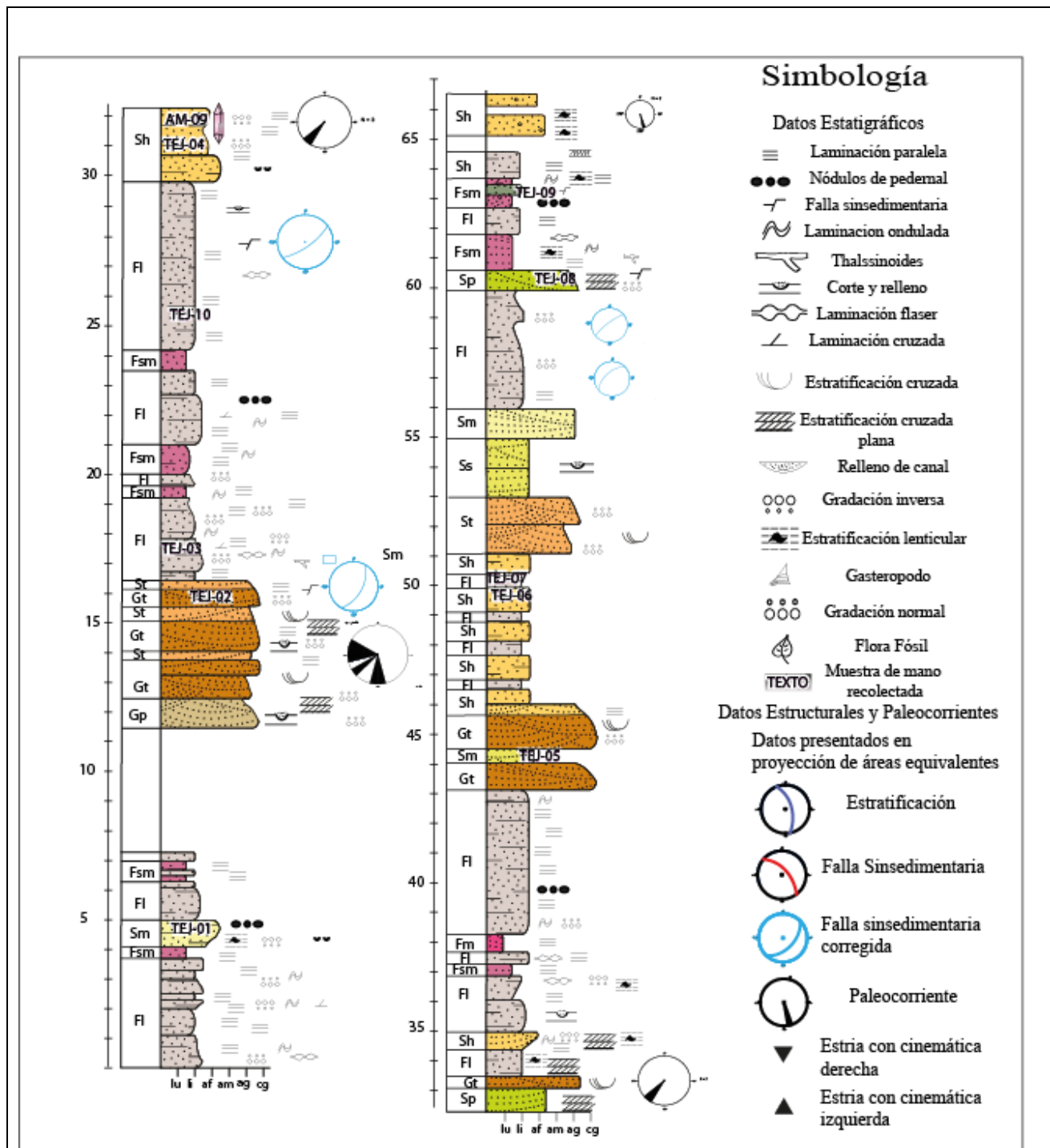


Figura. 6. Columna estratigráfica de la Formación Ayuquila medida en el Arroyo Tejaltilán, se presentan las facies fluviales de acuerdo a Miall (2006); mismas que se describen en la Tabla 1. En la columna se muestran, ya corregidas, las fallas sinsedimentarias observadas y las paleocorrientes medidas. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

Código	Facies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Gmm	Grava masiva, soportada por matriz	Gradación pobre	Flujo plástico de detritos (viscoso, alta densidad)
Gmg	Grava soportada por clastos	Gradación normal a inversa	Flujo plástico de detritos (viscoso, baja densidad)
Gci	Grava soportada por clastos		Flujo de detritos pseudoplástico (carga de fondo inerte, flujo turbulento)
Gt	Grava, estratificada	Estratificación cruzada curvada	Rellenos de canales menores
Gp	Grava, estratificada	Estratificación cruzada planar	Barras transversales, crecimientos deltaicos de antiguas barras remanentes
St	Arena, fina a muy gruesa, pueden ser guijarros	Estratificación cruzada curvada, solitaria o en grupo	Dunas linguoidales (3-D) y crestas sinuosas
Sp	Arena, fina a muy gruesa, pueden ser guijarros	Estratificación cruzada planar, solitaria o en grupo	Lechos en forma linguoidal (2-D) y transversa
Sr	Arena, fina a muy gruesa	Rizaduras, laminación cruzada	Rizaduras (régimen de flujo menor)
Sh	Arena, fina a muy gruesa, pueden ser guijarros	Laminación horizontal, lineación por corriente	Flujo de capas planas (flujo crítico)
Sl	Arena, fina a muy gruesa, pueden ser guijarros	Estratificación cruzada de bajo ángulo (<math><15^\circ</math>)	Rellenos de cavidades erosivas, montecillos, dunas agotadas, antidunas
Ss	Arena, fina a muy gruesa, pueden ser guijarros	Cavidades erosivas someras y amplias	Rellenos de cavidades erosivas
Sm	Arena, fina a gruesa	Masiva o laminaciones débiles	Depósitos de flujo gravitatorio
Fl	Arena, limo, arcilla	Laminación fina, rizaduras muy pequeñas	Planicie de inundación, canales abandonados o depósitos de desborde
Fsm	Limo, arcilla	Masiva	Depósitos de marisma o canales abandonados
Fm	Arcilla, limo	Masiva, grietas de disecación	Planicie de inundación, canales abandonados o depósitos de desborde

Tabla 1. Clasificación de facies identificadas en las columnas estratigráficas Tejaltilán y San Pedro Yodoyuxi. De acuerdo a la clasificación de facies de Miall 2006

Como estructuras sedimentarias se observaron laminación fina, principalmente plana paralela, pero también, estructuras de laminación flaser, laminación ondulada, cruzada recta y lenticular. La asociación contiene una gran cantidad de nódulos y en algunas ocasiones se encuentran pequeños canales que están rellenos con granos de granulometría mayor, se presenta intercalado comúnmente con facies Sh. Los estratos presentan una geometría tabular, y con un espesor



Figura. 7. Rasgos sedimentarios observados en la Formación Ayuquila. A) Se aprecia intercalación de limolita y lutita con un color gris claro a oscuro, indicio de contenido de materia orgánica con laminación paralela correspondiente con asociación de facies FF. B) Helecho presente en asociación de facies FF, se encuentra impreso en la base de la superficie de estratificación. C) Estratificación cruzada curva presente en Facies de Bedforms de arena. D) Estratificación cruzada plana presente en asociación de facies Gb, como se puede apreciar se trata de una arenisca guijarrosa de grano grueso.

variable entre los 23 y 3 cm, estos aparecen en paquetes que varían de 1 a 5 m, la asociación FF se reconoce, también, en la columna estratigráfica San Pedro Yodoyuxi.

Asociación de facies SB bed forms (formas de fondo) de arena.

Está constituida por las facies St, Sp Sh, Sm y Ss, la composición de estos estratos es principalmente arena de cuarzo con un contenido muy bajo en feldespatos, se encuentra soportada por granos, en cuanto a la granulometría es principalmente arena gruesa a muy gruesa pero tiene variaciones verticales, comúnmente se encuentran granos del tamaño de guijarros. A la base de los estratos y hacia la cima se encuentran granulometrías que van de arena media fina a gruesa. En cuanto a estructuras se encuentran estratificación cruzada curva (Figura 7C) y plana, gradación normal e inversa, también contiene laminaciones paralelas, así como ondulada, recta cruzada y lenticular, contiene intraclastos y nódulos, se encuentra intercalada con facies Fl en estratos de espesor variable entre 45 y 90 cm e intercalada con facies Gt en espesores menores.



Figura. 8. Material con forma de tronco con raíces, carbonizado y en posición de crecimiento dentro de facies FF, material con forma de raíz carbonizada en facies SB, en el Arroyo Tejaltilán.

Asociación de facies GB *bedforms* de arenisca conglomerática de composición cuarzosa.

Está constituida por las facies Gt y Gp, con estructuras de estratificación cruzada curva y plana (Figura 7D), presenta gradaciones normales que van de elementos de tamaño de guijarros hasta arena gruesa, se presenta ligado a facies SS, se encuentran en paquetes de espesores que varían entre 100 y 50 cm que se acuñan lateralmente (Figura 9). Por otra parte, es frecuente el contenido de impresiones de fragmentos de madera que varían entre los 40 y 20 cm de largo.



Figura. 9. Estrato de facies Gb que se acuña lateralmente, confinado entre paquetes correspondientes con facies FF en la localidad de Tejaltilán.

La relación espacial y geométrica que guardan estas facies está caracterizada por presentar grandes espesores de facies FF, las cuales se han interpretado como facies de desborde de canal, interrumpidas por facies SB y GB las cuales por lo general se encuentran asociadas y se interpretan como rellenos de canales grandes.

El arreglo de las asociaciones de facies presenta características que pueden ser comparables con las de un sistema fluvial de tipo meándrico, en donde las asociaciones SB y GB corresponden a depósitos de relleno de canales, mientras que las asociaciones FF, sumado a la presencia de materia orgánica, nos indican condiciones de menor energía como zonas de inundación por desborde, dentro del sistema fluvial.

3.2. *Columna estratigráfica San Pedro*

En la localidad de San Pedro Yodoyuxi (Figura 5), al sur de Huajuapán de León, se midió una columna estratigráfica de 135 m (Figura 10) a partir del contacto con la Formación Diquiyú, se registraron las estructuras, textura y composición reconocida en campo, en esta localidad se reconocen por lo menos dos etapas de deformación que afectaron a la sucesión. En la base de la Formación Ayuquila se identificaron peperitas en la zona de contacto con la Formación Diquiyú.

Se reconocieron las siguientes asociaciones de facies (Figura 10):

Asociación de facies FF depósitos de desborde y de inundación.

En esta localidad se encuentra constituida por las facies Fl y Fsm, dada la deformación que presenta la sucesión expuesta en esta zona las estructuras primarias son difíciles de identificar e incluso en algunos paquetes se han borrado del registro, corresponden a paquetes limo-arcillosos con poco contenido de arenas finas que presentan laminaciones paralela, ondulada y flaser, contiene nódulos, en este tipo de facies se han detectado estructuras correspondientes con raíces en posición de crecimiento (Figura 11). En general estas facies se encuentran en estratos, de espesor variable entre los 40 y 20 cm, sucesivos en paquetes de dimensiones métricas

Asociación de facies SB *bedforms* de arena.

Está conformada por las facies Sm, Ss y Sh, correspondientes con cuarzoarenitas soportadas por granos, comúnmente en estos estratos se preservan impresiones de hojas (Figura 12), contiene

estructuras de gradación normal e inversa, rellenos de canal, laminación paralela, los estratos tienen geometría tabular y varían entre los 20 y 120 cm de espesor.

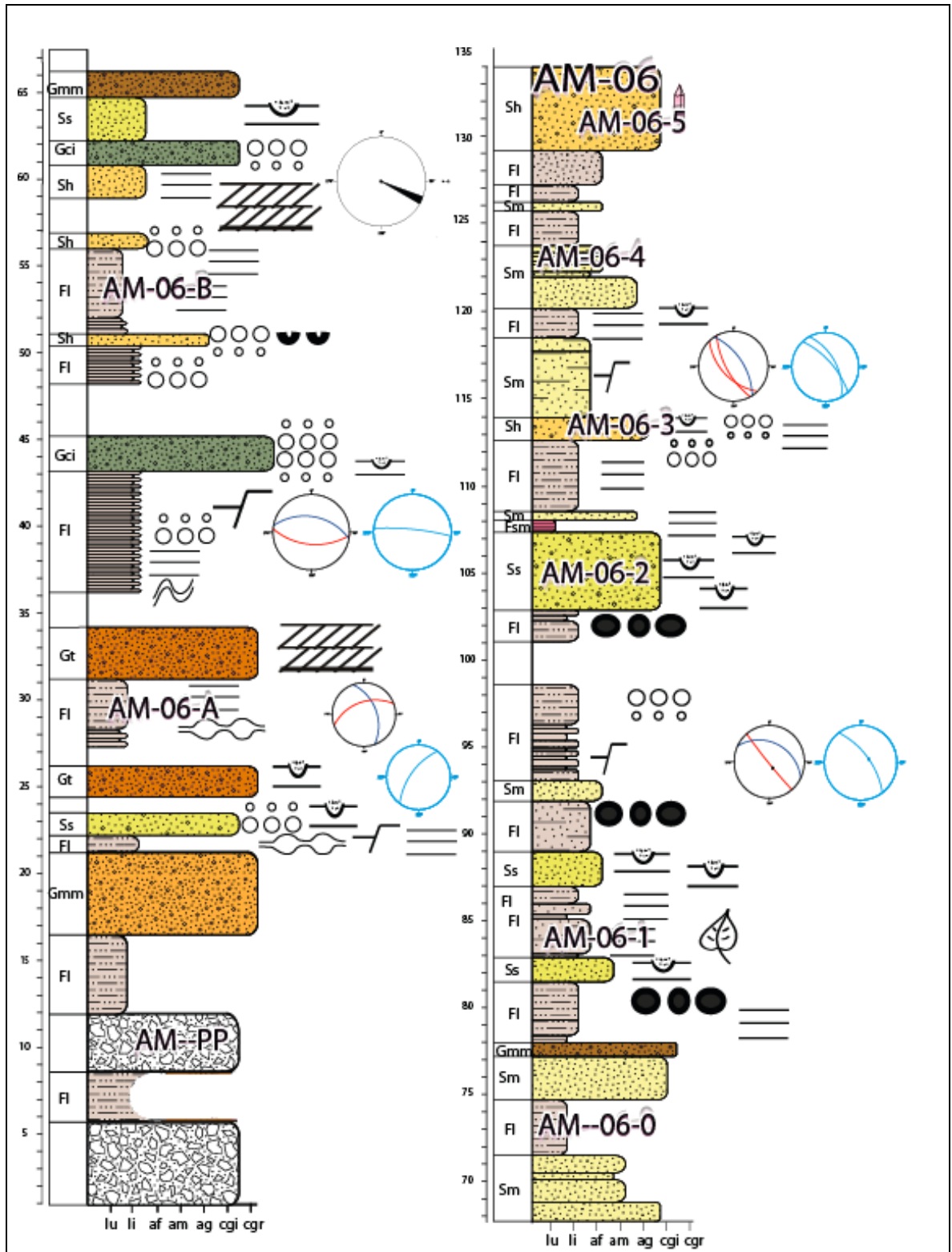


Figura. 10. Columna estratigráfica medida en la base de la Formación Ayuquila en la localidad de San Pedro Yodoyuxi. La simbología corresponde a la propia de la Figura 7. Los diagramas estereográficos muestran las fallas sinsedimentarias sin corregir en círculo negro y en azul, ya corregidas. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.



Figura. 11. Raíz de planta fosilizada en posición de crecimiento contenida en asociación de facies FF en la localidad de San Pedro Yodoyuxi. longitud del escalímetro 10 cm.



Figura. 12. Impresiones de helechos en Facies SB en la Formación Ayuquila en la localidad de San Pedro Yodoyuxi.

Asociación de facies GB *bedforms* de grava.

Está conformada por las facies Gmm, Gt y Gci, se identificaron estructuras de estratificación cruzada, comúnmente con cambio transicional vertical con Facies SB con espesores de entre 5 y 1 m, en general el espesor de estos paquetes disminuye hacia la cima.

Interpretación

La asociación de facies FF se ha interpretado como depósitos de desborde, dado que se encuentran estructuras de condiciones de baja energía, además del contenido de raíces de plantas en posición de crecimiento.

La asociación de facies SB se ha interpretado como una parte transicional entre las facies FF y las Facies GB, dependiendo de la correlación espacial con estas, la granulometría de estas facies es más fina cuando se encuentra relacionada con la asociación de facies FF; además que el límite entre estas facies suele ser tajante; mientras que, cuando se encuentra con la asociación de facies GB la granulometría aumenta y el límite entre estas comúnmente es transicional. La asociación de facies GB se interpreta como rellenos de canales.

Asociaciones de Facies.

La relación espacial de las asociaciones está caracterizada por encontrarse a la base de la columna facies FF con peperitas, hacia la cima de la columna se encuentran depósitos de desborde (asociaciones de facies FF y SB) que son interrumpidos por rellenos de canal (facies GB y SB) esto en alternancia repetitiva. Estas características también se observaron en la localidad de Tejaltilán al noroeste de esta zona.

3.3 Relaciones estratigráficas y edad.

La Formación Ayuquila en la localidad de San Pedro, se encuentra debajo de una unidad conglomerática Cenozoica y por medio de una discordancia y por encima de la Formación Diquiyú concordantemente, en la localidad de Chilixtlahuaca se encuentra discordantemente por encima de la Formación La Mora y en contacto estructural con el Intrusivo Chilixtlahuaca, en las demás localidades se encuentra en contacto estructural con el basamento (figura 4) se le ha asignado una edad Aleniano-Bajociano por medio de fechamiento de circones detríticos realizados por Campos-Madriral et al. (2013).

4.- PETROGRAFÍA Y FECHAMIENTO ISOTÓPICO

En la primera parte de este capítulo se aborda la composición de las areniscas presentes en la Formación Ayuquila y de los cuerpos peperíticos de su base. Para este estudio se tomaron muestras en las localidades de Tejaltilán y San Pedro, se detectó una variación significativa en el contenido de feldespatos y cuarzo y menor en los líticos. Y en la segunda parte se aborda lo referente a las edades de circones detríticos pertenecientes a la Formación Ayuquila.

Caracterización petrográfica:

4.1 Tejaltilán

Se escogieron 10 muestras de la Columna Tejaltilán para el análisis petrográfico, se detectó que las muestras pertenecientes a Facies Gb presentan mala selección, además de estar soportadas por granos. En tanto que, las areniscas pertenecientes a facies Sb tienen de buena selección y se encuentran tanto soportadas por granos, como soportadas por matriz. En cuanto a la composición se encuentra principalmente cuarzo mono cristalino con extinción ondulada, se reconocieron líticos metamórficos, sedimentarios y volcánicos (Figura 13). Como minerales accesorios se identificaron micas, clorita, circones, minerales opacos, la matriz se encuentra cementada por calcita (Figura 13). En cuanto a los porcentajes de abundancia composicional, las muestras presentan una variación de entre el 77 y 59 % para el Cuarzo, para el feldespato varía de 26 a 32 % y en el contenido de líticos la composición oscila entre el 3 y 18%, Así se trata de de areniscas cuarzofeldespáticas y cuarzofeldespatolíticas de acuerdo a Garzanti (2016) (Figura 14).

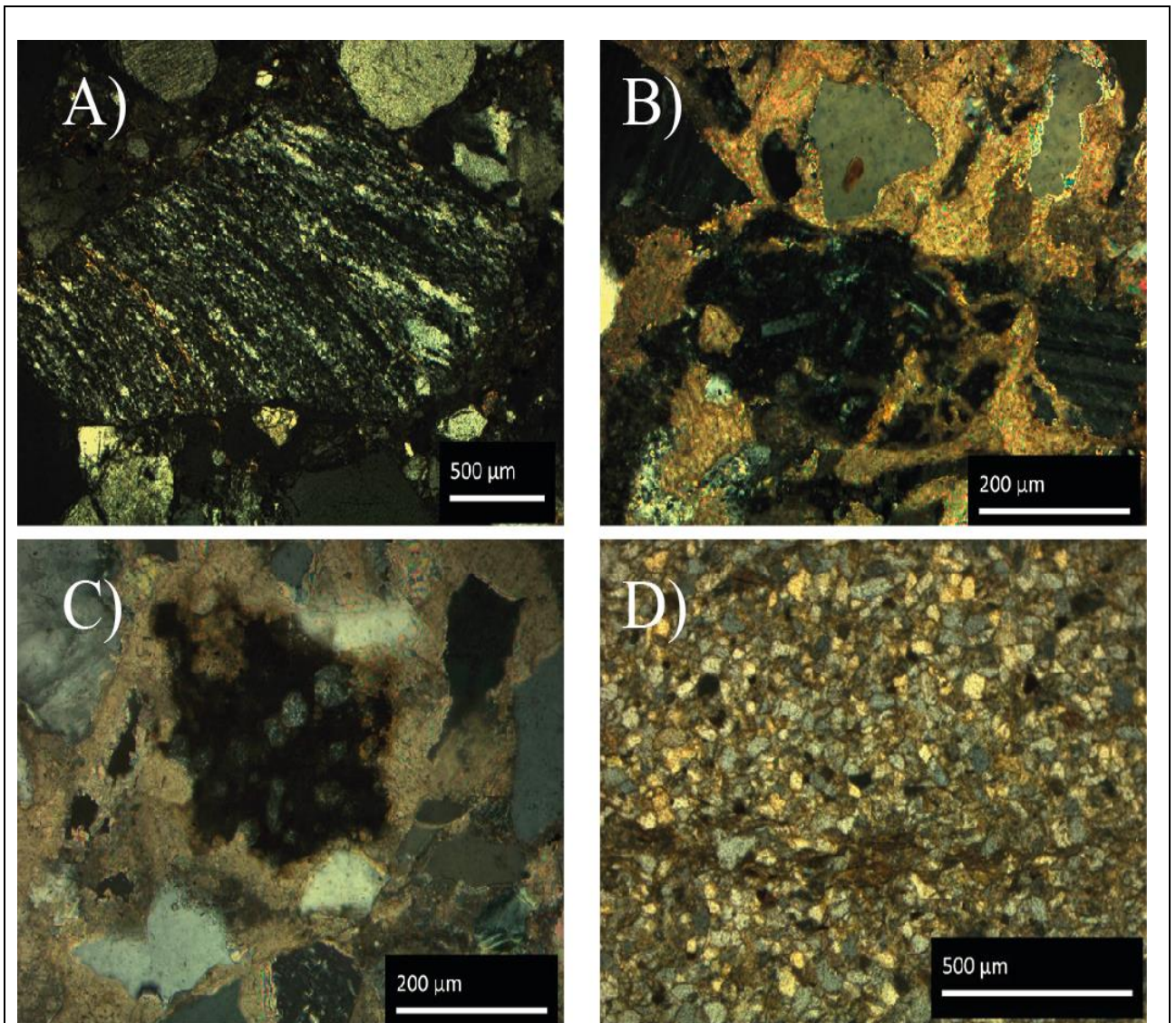
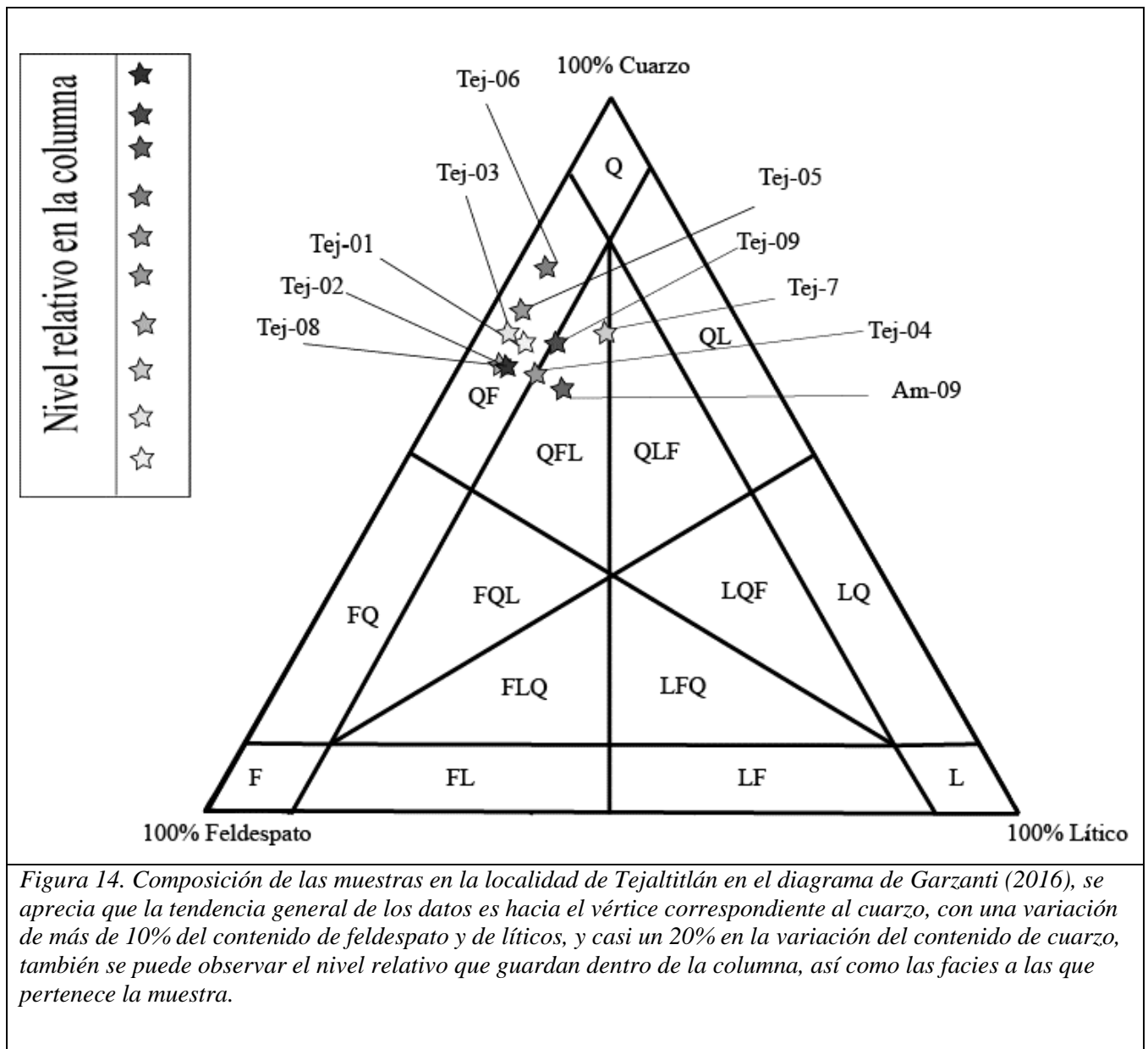


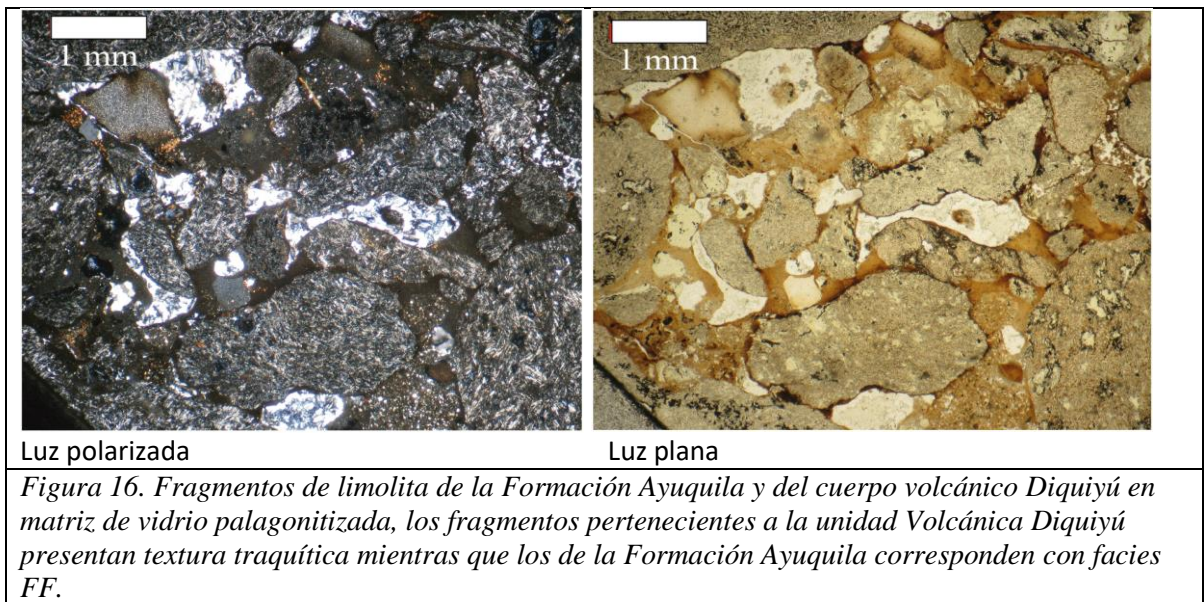
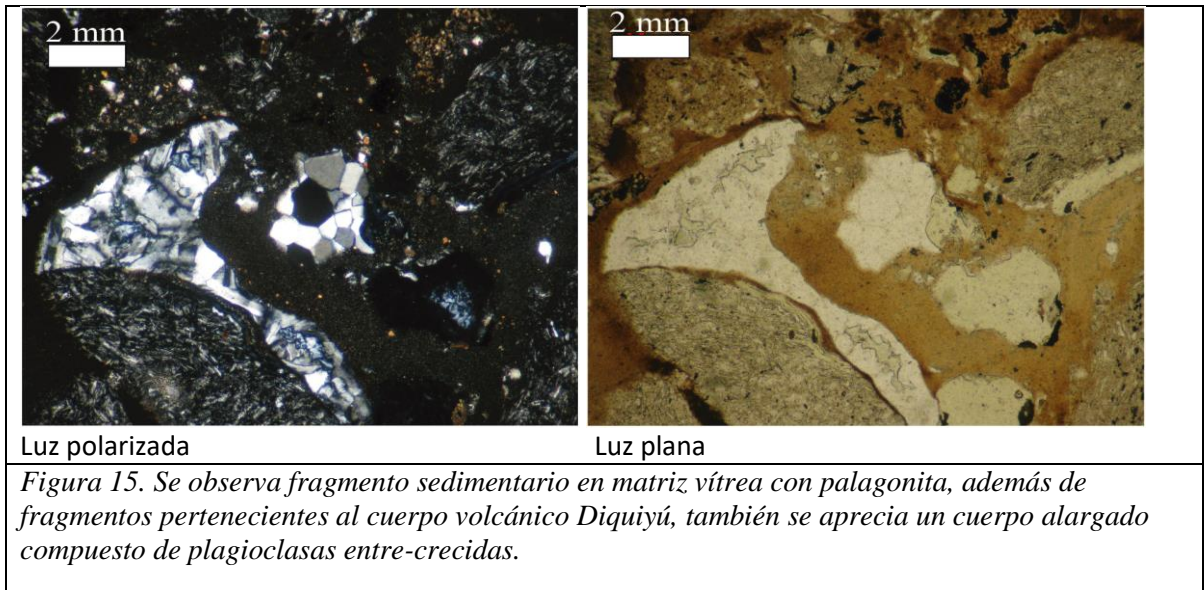
Figura 13. Muestras tomadas en la columna medida en el área de Tejaltilán A) lítico metamórfico dentro de asociación de facies Gb, se observa que presenta mala selección. B) Se observan los cristales de plagioclasa en matriz más fina pertenecientes a un lítico volcánico, también se puede observar un circón dentro de un fragmento de cuarzo. C) lítico felsítico con estructuras de booble Wall dentro de facies Gb. D) muestra correspondiente con asociación de Facies Sb, se aprecia que presenta buena selección foto con nicoles cruzados.



4.2 San Pedro Yodoyuxi

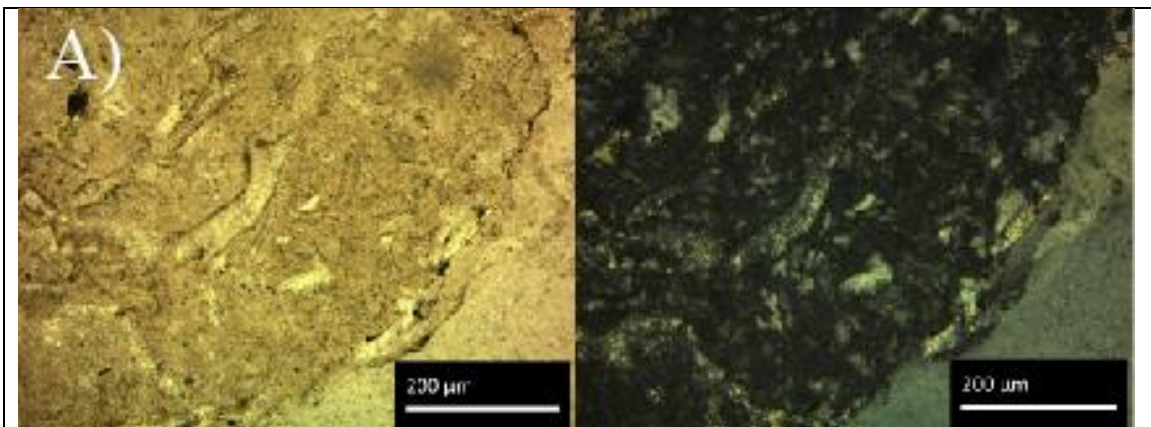
En la localidad de San Pedro Yodoyuxi la Formación Ayuquila se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Unidad Diquiyú, a la base de la columna medida en esta localidad se encuentran cuerpos en forma de mantos y diques emplazados en niveles limoníticos identificados como peperitas con textura globular principalmente, aunque también se presentan con textura de peperita en bloque (Busby y White, 1987). La peperita en lámina delgada muestra fragmentos de cuarzoarenita y fragmentos de roca volcánica de composición básica, embebidos en una matriz

vítrea, la textura que presenta es similar a la de un conglomerado pero la matriz corresponde con vidrio, además que los bordes de los clastos se observan corroídos (Figura 15 y 16).



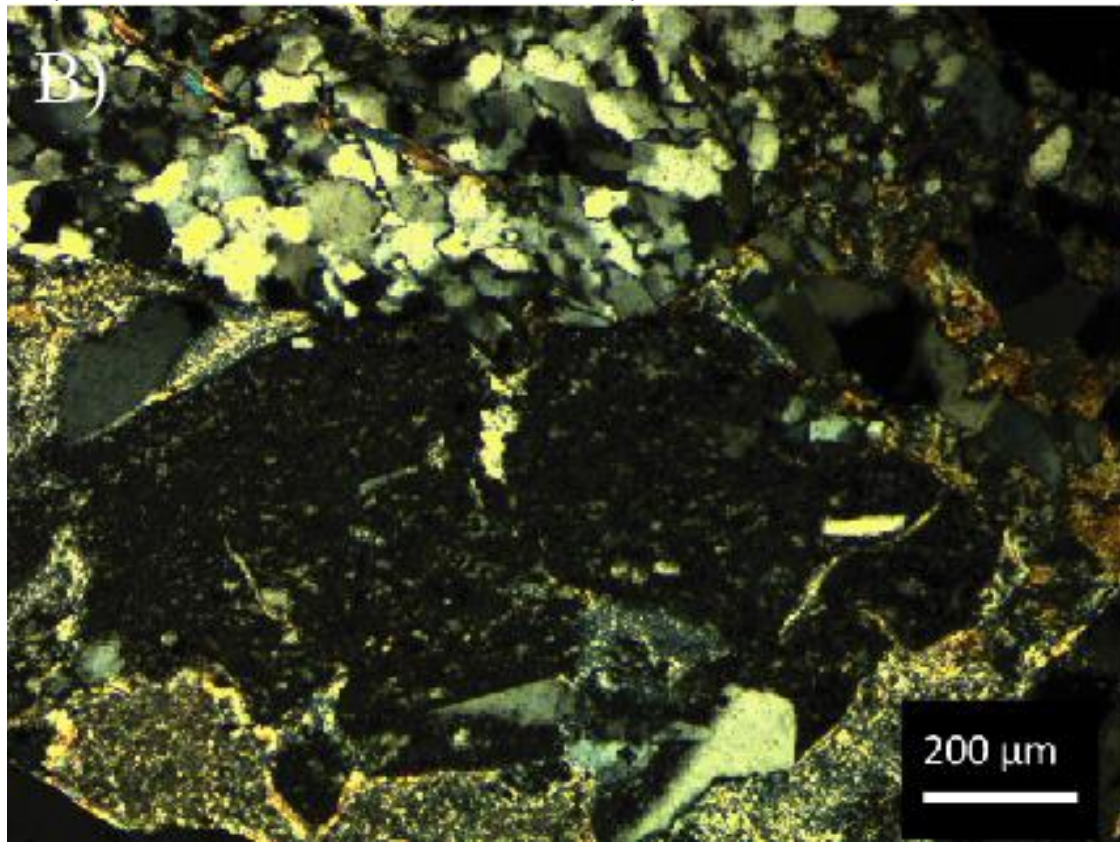
En esta localidad se eligieron 6 muestras de arenisca para el análisis en lámina delgada, la composición de estas, al igual que las areniscas de la localidad de Tejaltitlán, es principalmente cuarzo (el cual presenta extinción ondulada), monocristalino, también contiene líticos metamórficos los cuales están constituidos principalmente por cuarzo, estos líticos presenta variaciones en los tamaños de los cristales contenidos en el grano y en las suturas entre sus componentes, en algunas contactos se presentan con suturas más pronunciadas, migraciones de

borde de grano. En general los granos de cuarzo se encuentran subredondeados a angulosos, equidimensionales, mientras que los líticos metamórficos, en especial los que presentan textura más fina tienen una geometría tabular. Se encuentran líticos volcánicos félsicos y máficos (figura 17) así como líticos sedimentarios. En lo que se refiere a la selección las muestras correspondientes con facies Gb se encuentran mal seleccionadas (Figura 18), mientras que las muestras de facies Sb presentan una selección buena (Figura 19) abundancia de las componentes en el análisis se reportan porcentajes de cuarzo de entre el 68 y 82%; mientras que, para el contenido de líticos entre 3 y 12 % y el porcentaje de feldespato varía entre 12 y 22%, quedando clasificadas como areniscas cuarzofeldesp ticas y cuarzofeldesp tol ticas (Figura 20).



Luz plana

Luz polarizada



Luz polarizada

Figura 17. A) Lítico félsico en las Areniscas de la localidad de San Pedro, se aprecian fragmentos de vidrio devitrificado con forma de pared de burbuja, evidencia de aporte de sedimentos de una fuente volcánica félsica. B) lítico volcánico máfico, se aprecian dentro de este cristales de plagioclasa con bordes difusos embebidos en matriz.

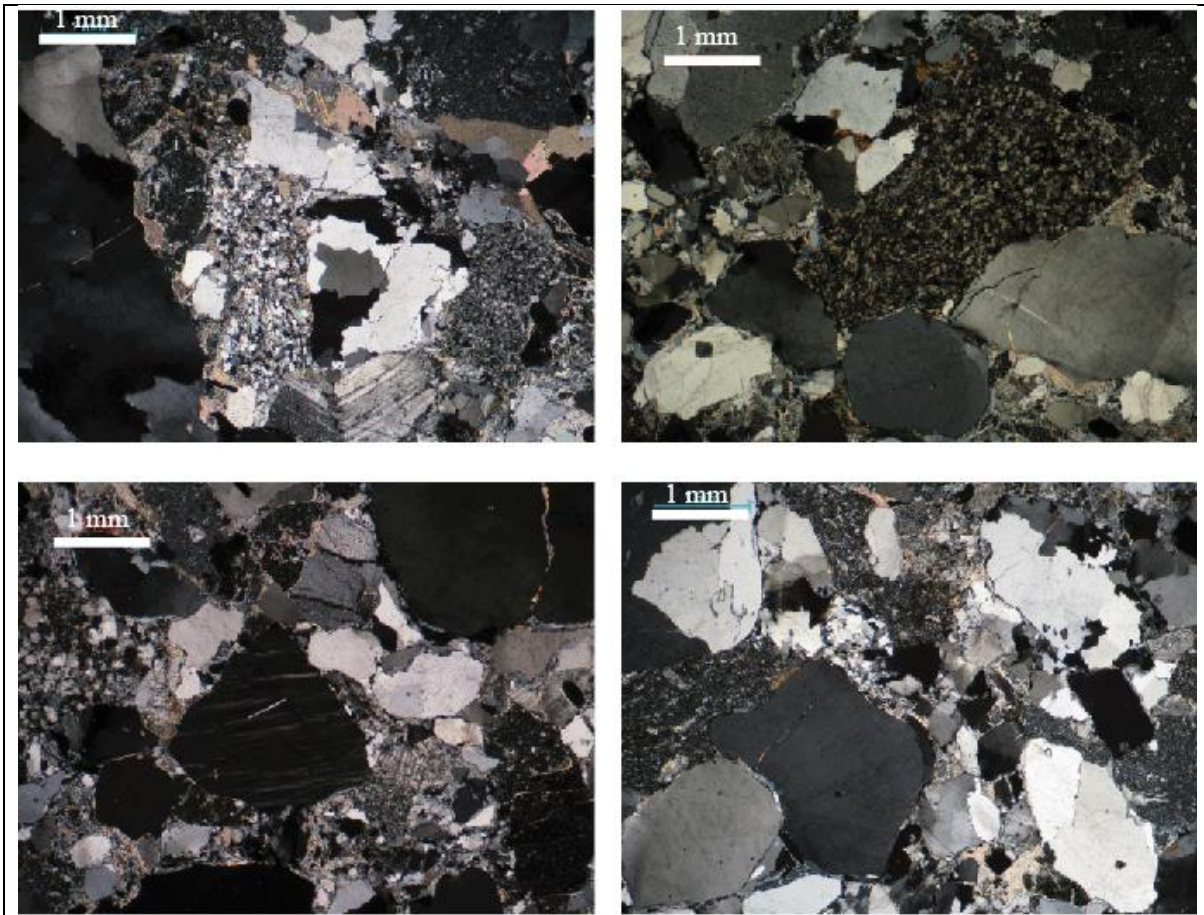


Figura 18. Muestra AM-06 en lámina delgada de la localidad de San Pedro, correspondiente con facies Gb, se aprecia que presenta mala selección, que la principal componente es cuarzo con extinción ondulada y pueden identificar líticos volcánicos, metamórficos y sedimentarios. Fotos tomadas con nicloes cruzados.

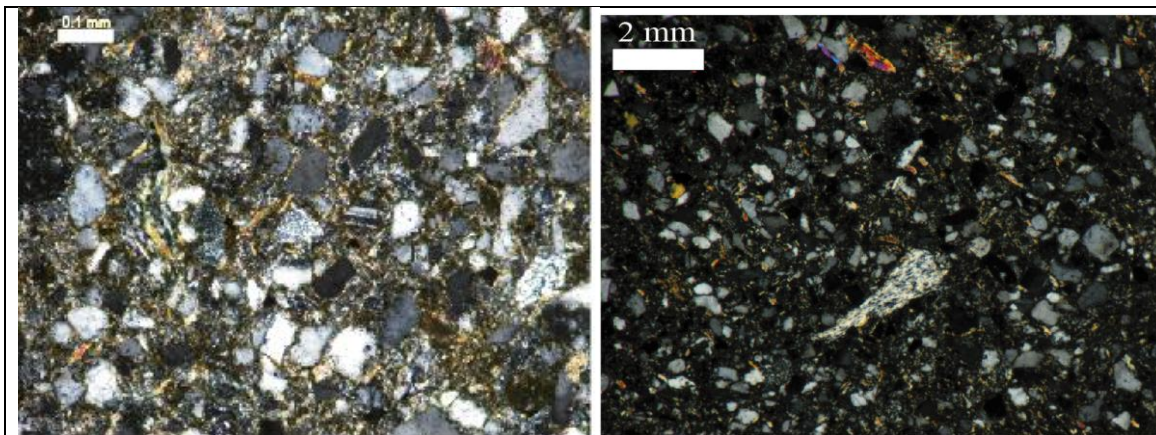
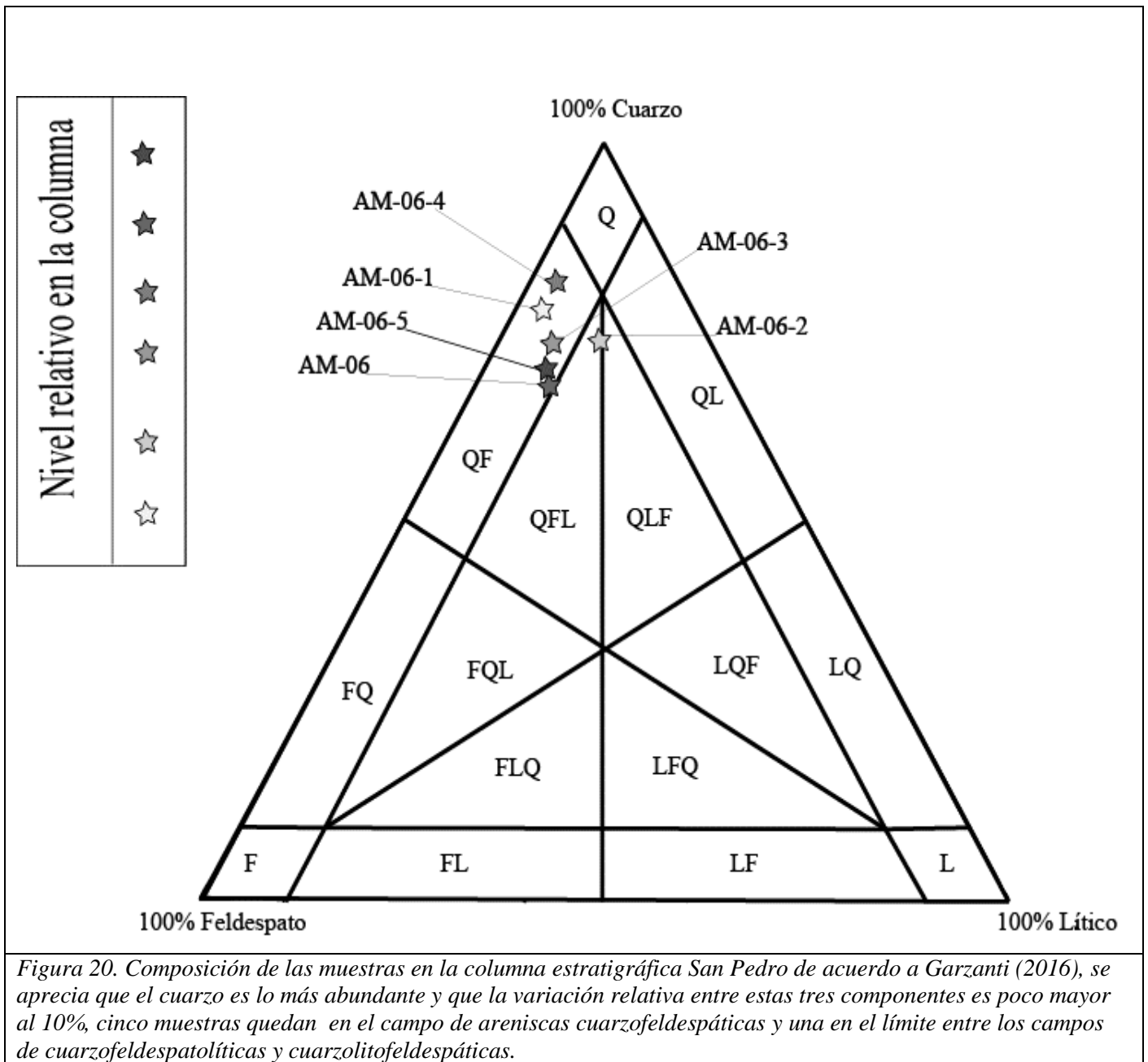


Figura 19. Muestra AM-06-1 en lámina delgada de arenisca clasificadas como facies Sb pertenecientes a la Formación Ayuquila en la localidad de San Pedro Yodoyuxi, se puede apreciar que estas presentan buena selección y se encuentran soportadas por granos. Fotos tomadas con nicloes cruzados.



4.3 Geocronología.

Dadas las relaciones estratigráficas que guarda la Formación Ayuquila, se recolectaron dos muestras, una en la localidad de San Pedro y la otra en Tejalitlán, para establecer la edad máxima de depósito. Las muestras se analizaron por medio de LA (MC) ICPMS (ablación laser (multicolector) espectrómetro de masas de plasma inductivo acoplado) en el Laboratorio de Estudios Isotópicos del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, de acuerdo a la metodología descrita por Solari y Tanner (2011).

El circón más joven presente en la muestra AM-06, recolectada en la localidad de San Pedro (Figura 5) en los 132 metros medidos (Figura 10), corresponde con una edad máxima de depósito Capitaniana con 258.8 ± 5.4 Ma (2σ). Mientras que el circón más joven presente en la muestra AM-09 que se colectó a los 32 metros en la columna medida (Figura 6) en la localidad de Tejaltilán (Figura 5), tiene una edad máxima de depósito correspondiente al Aaleniano con 174.6 ± 3.6 Ma (2σ). En el diagrama de distribución de los circones detríticos ($n=100$) de la Muestra AM-06 se observa un valor máximo para 1175 Ma un segundo pico en 261 Ma un tercer pico en 1054 Ma, un cuarto pico en 1318 Ma y un quinto pico en 664 Ma (Figura 21). Mientras que en la muestra ($n=100$) AM-09 se observa un valor máximo en 260 Ma, un segundo pico en 202 Ma, un tercero en 1025 Ma, un cuarto pico en 1197 Ma, un quinto pico en 175 Ma, un sexto en 1359 Ma, un séptimo en 508 Ma y un octavo en 699 Ma (Figura 22).

En cuanto a las familias el grupo más joven presente en la muestra AM-06, recolectada en la localidad de San Pedro, están entre 258 y 282 Ma ($n=6$). Se reconoce también un par de circones de edades de 626 y 662 intervalo también reportado como parte del complejo Ayú en el Litodema Chazumba (Helbig et al., 2012) en esta muestra se reconoce un tercer grupo el cual presenta circones de edades entre los 943 y 1296 Ma ($n=76$), los cuales se reconocen como circones correspondientes a la provincia Grenviliana. También están presentes circones con edades entre los intervalos 1315-1327 ($n=5$), 1356-1394 ($n=4$), 1416-1551 ($n=5$), un circón de 1640 y otro de 1830. En la muestra AM-09 que se tomó en la localidad de Tejaltilán, que se encuentra estratigráficamente por encima de la muestra AM-06, se tienen los circones más jóvenes en un rango de edades de entre los 174 y 205 Ma ($n=8$) entre los cuales se encuentran dos circones de edades de ; también se reconoce otra agrupación de circones con rangos de edades entre 241 y los 312 Ma ($n=17$), se tiene un circón con edad de 505 Ma el cual tiene un error muy bajo además de quedar justo encima de la concordia y un circón de 692 ± 19 Ma (2σ). También se encuentra una población de circones detríticos con edades entre los 901 a los 1249 Ma ($n=64$) y otro grupo de los 1302 a los 1370 ($n=5$) y cuatro circones de 1459, 1569, 1365 y 1799.

En cuanto a la procedencia de los circones detríticos de la Formación Ayuquila los cristales que presenta edades de entre 174 y 282 Ma ($n=25$) los cuales se encuentran en un intervalo coincidente con circones reportados en el sector noreste del Complejo Ayú (Helbig et al., 2012), lo cual Campos-Madrigal et al. (2013) ya había reportado. Además en el marco de procedencia descrito por Silva-Romo et al. (2015), se reconocen 4 circones con afinidad Brasileño-Pampiano, también se reconocen 138 circones con afinidad Grenviliana, 18 circones del Rondoniano y 7 circones de afinidad Río Negro-Juruena

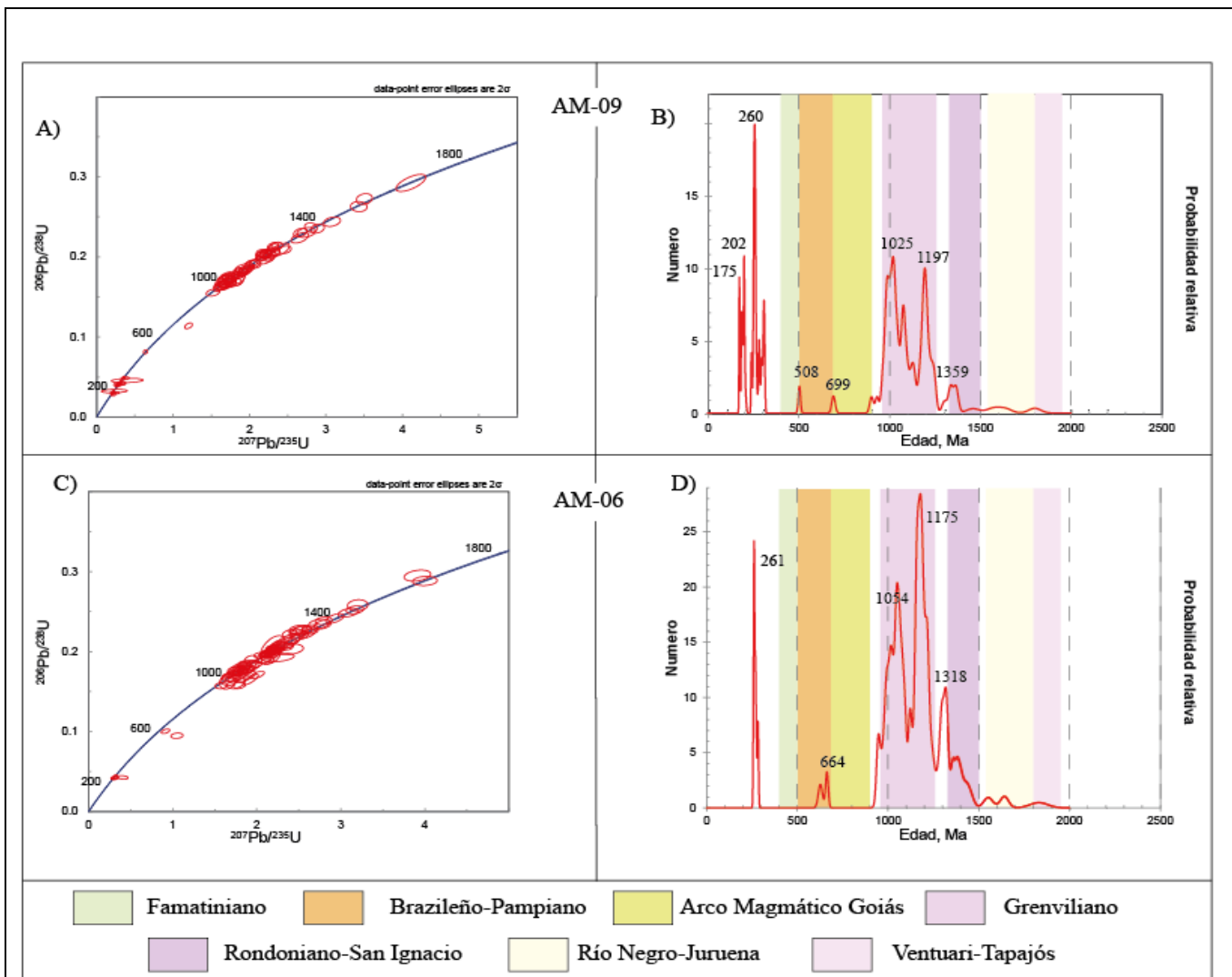


Figura 21. A) Curva de concordia, cual se puede observar dos grupos de circones de edades entre 174 y 312 Ma, además de un par de circones con edades de 505 y 692 Ma y un conjunto continuo de edades mayores a los 932 Ma. B) Gráfica de probabilidad relativa del análisis de circones detríticos de la muestra recolectada en la localidad de Tejaltilán. C) Curva de concordia en la cual se puede observar un grupo de circones de edades entre 268 y 282 Ma, además de un par de circones de 668 y 682 Ma y un conjunto continuo de edades mayores a los 943 Ma. D) gráfica de probabilidad relativa del análisis de circones detríticos de la muestra AM-06. Intervalos de procedencia descritos por Silva-Romo et al.(2015). Probabilidad relativa en %.

5.- LA DEFORMACIÓN EN LA CUENCA AYUQUILA.

En este capítulo se presenta la deformación sinsedimentaria y posterior a la litificación que se observó en diferentes localidades de la Formación Ayuquila, también se presenta la deformación en la Formación La Mora en las cercanías del poblado de Chilixtlahuaca. Abordaremos solamente la descripción de los rasgos estructurales presentes, mientras que, la interpretación se presentará en el capítulo de discusión y conclusiones.

En la Formación Ayuquila, se recolectaron datos de fallas sinsedimentarias en las localidades km 20, km 16, Tejaltilán y San Pedro, fallas con estría en la localidad de San Pedro. Mientras en la localidad de Chilixtlahuaca, se caracterizaron pliegues por acortamiento (Figura 5).

5.1 Localidad Km 20

Esta localidad se encuentra en el kilómetro 20 de la carretera federal número 34 que va de Huajuapán de León hacia Mariscalá (Figura 5) aflora la Formación Ayuquila en un corte carretero orientado N-S.

Se detectaron 3 fallas sinsedimentarias, un dato de paleocorriente y una discordancia angular. Las fallas sinsedimentarias corregidas de esta localidad se inclinan hacia el sureste y suroeste y el flujo de la corriente durante la acumulación de estos paquetes indica una dirección SS-E (Figura 22).

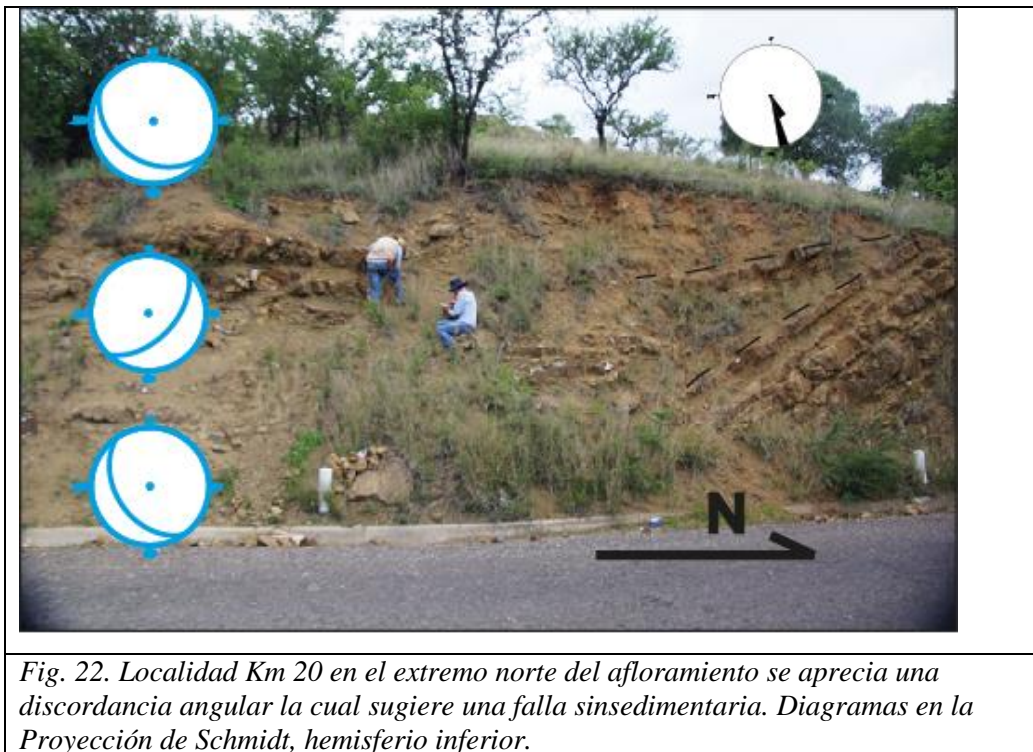


Fig. 22. Localidad Km 20 en el extremo norte del afloramiento se aprecia una discordancia angular la cual sugiere una falla sinsedimentaria. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

5.2 localidad Km 16

En las cercanías de la Falla El Sabino, contacto estructural entre el Complejo Acatlán y la Formación Ayuquila (Figura 5), se reconocen fallas sinsedimentarias menores en la Formación Ayuquila (Figura 23). Las fallas sinsedimentarias tienen rumbos general este-oeste y se inclinan en dirección NNW-SSE y definen grabens pequeños una vez corregidas, (Figura 24).

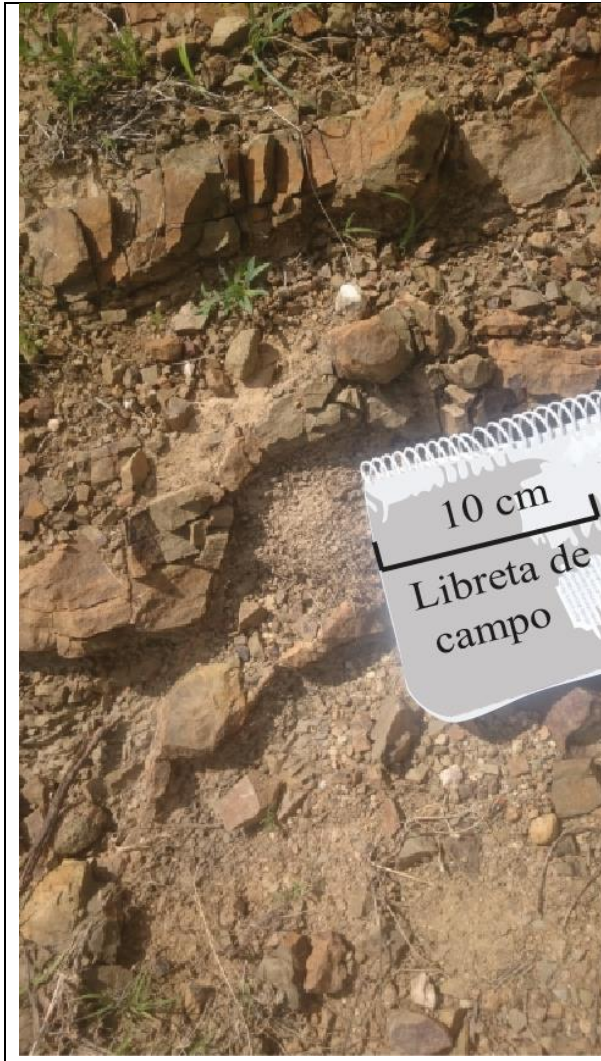


Fig. 23. Falla sinsedimentaria pequeña en la Formación Ayuquila en la localidad km 16. El carácter sinsedimentario se reconoció porque se observa 1) deformación dúctil en los estratos dislocados, 2) aumento de espesor en el bloque de techo y 3) la deformación no afecta al estrato superior.

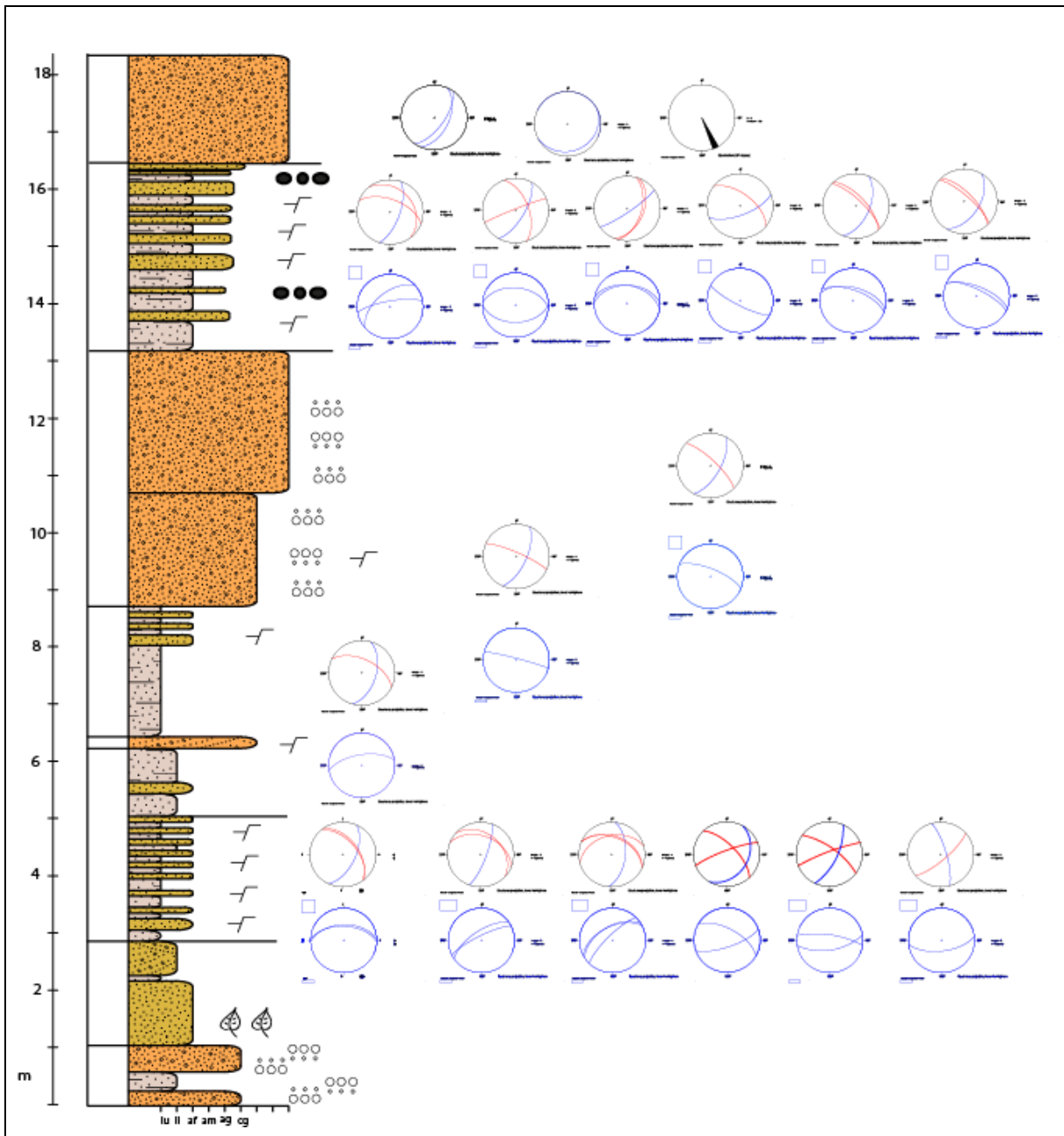


Fig. 24. localidad km 16. Columna medida que muestra las fallas sinsedimentarias, en rojo antes y en azul después de corregir. Las rectas de máxima inclinación de las fallas corregidas tienen dirección NNW-SSE. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

5.3 Localidad Tejaltilán

La localidad Tejaltilán (Figura 5) Bajo el puente que se encuentra en la entrada al poblado de Tejaltilán en los estratos de la Formación Ayuquila se encuentran inclinados hacia el sureste, ahí se reconocieron fallas sinsedimentarias (Figura 25) de las cuales se tomaron sus datos estructurales característicos

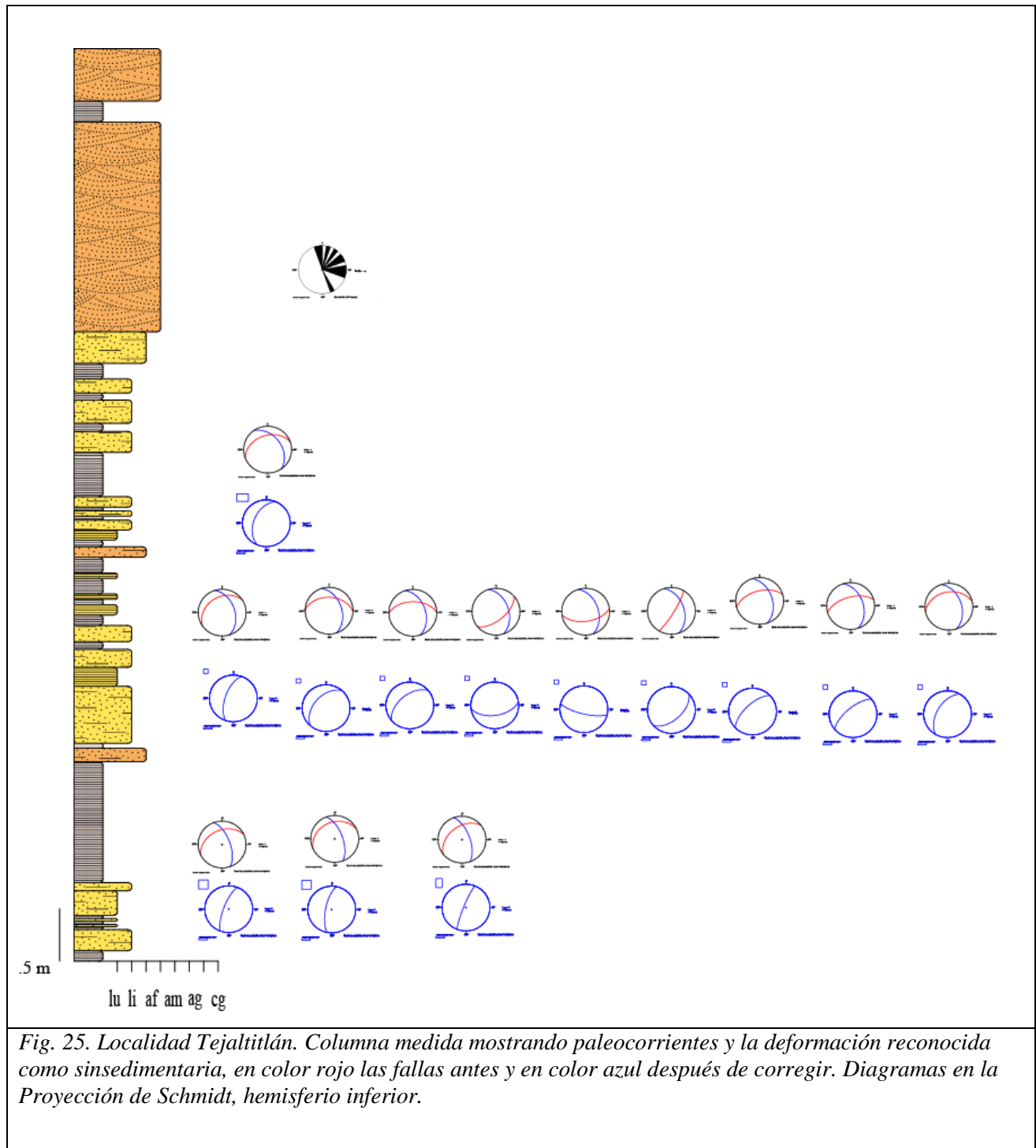


Fig. 25. Localidad Tejaltilán. Columna medida mostrando paleocorrientes y la deformación reconocida como sinsedimentaria, en color rojo las fallas antes y en color azul después de corregir. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

correspondientes junto con el dato de estratificación. En cuanto a la disposición espacial de las fallas sinsedimentarias sin corrección, tienen rumbos con dirección noreste, al corregir las fallas, cambia un poco el rumbo y echado ya que el eje de giro (rumbo de los estratos) es subperpendicular al rumbo de las fallas en la mayoría de los casos, En general los datos corregidos presentan inclinación hacia el NW, SE, SSW y pocos quedan subverticales con rumbos N-S (Figura 25). Las fallas reconocidas en esta localidad principalmente se desarrollaron

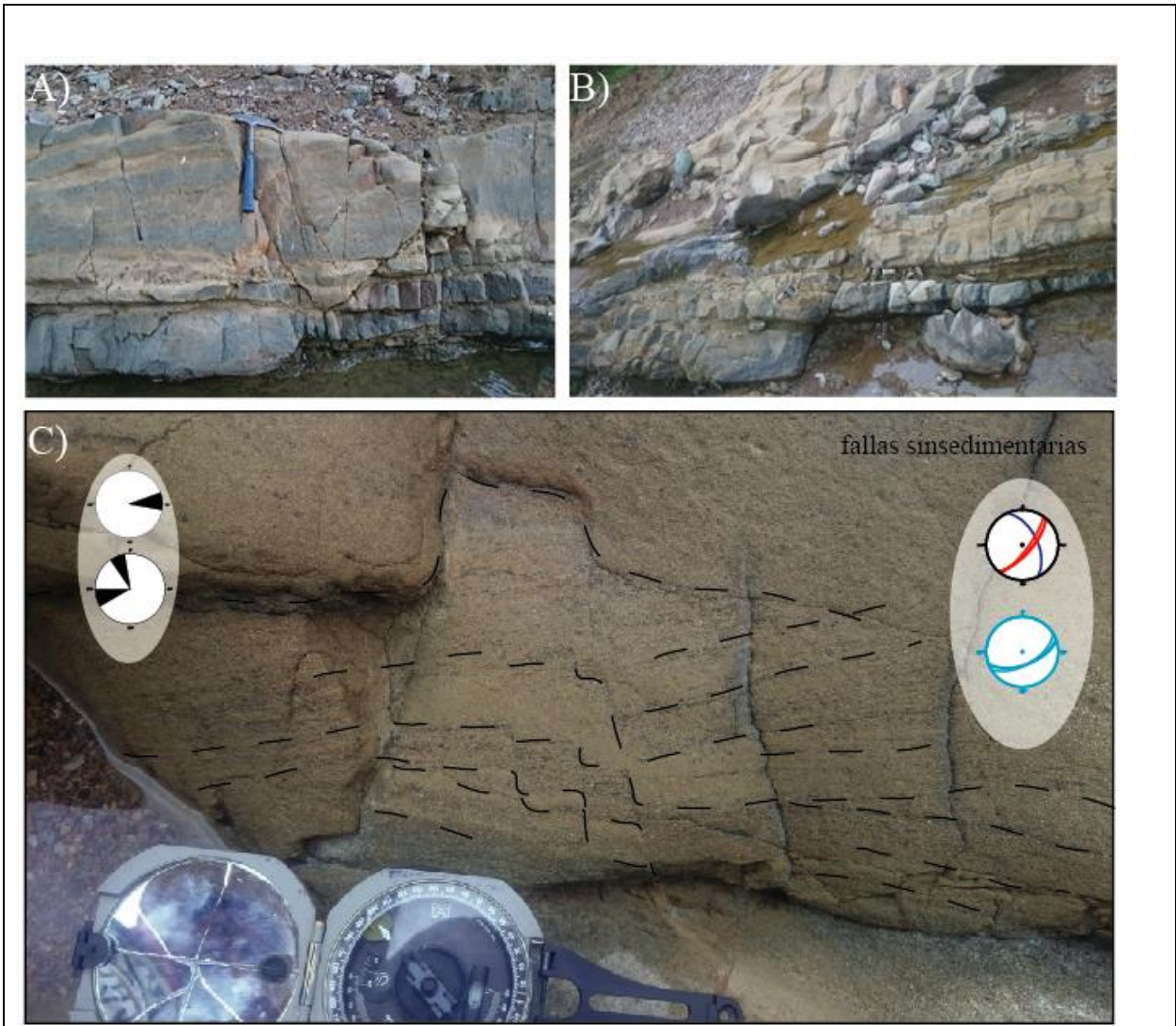


Fig. 26. Localidad Tejaltilán. A) y B) Falla sinsedimentaria en la localidad de Tejaltilán, se aprecia el aumento de espesor en el bloque de techo de la falla, C) estratificación cruzada y fallas sinsedimentarias con recta de máxima inclinación hacia el SE. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior. Simbología de acuerdo a la figura 6.

en facies de *bedforms* de arena, también en zonas de intercalación de limolitas con areniscas finas (Figura 26). También se observaron diques de arena emplazados en facies de grano más fino (Figura 27).



Fig. 27. Dique de arena emplazado dentro de paquete de limolita en la localidad de Tejaltilán, se observa acortamiento ortogonal a la estratificación del dique lo cual evidencia de un emplazamiento temprano previamente a la compactación de la limolita.

5.4 Localidad San Pedro

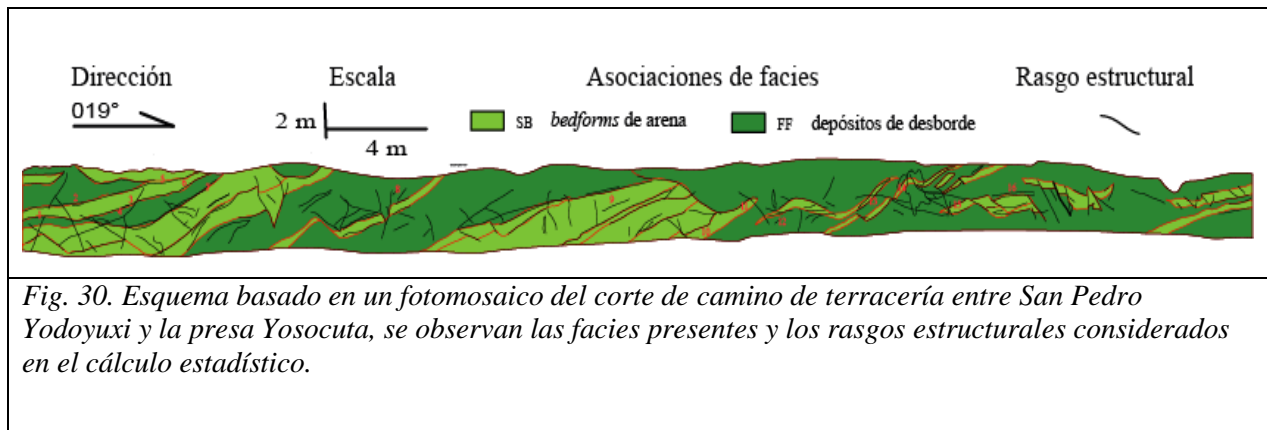
En la localidad San Pedro (Figura 5) la Formación Ayuquila presenta por los menos dos fases de deformación, un primer proceso correspondiente con deformación sinsedimentaria (Figura 28) y el segundo con activación de superficies de estratificación. También se observan diques de arena emplazados en facies de finos (Figura 29). A lo largo de un corte de camino se colectaron datos estructurales y se ubicaron en un fotomosaico; adicionalmente se registraron las facies presentes (Figura 30). En la zona del corte los estratos se encuentran inclinados ligeramente hacia el suroeste (Figura 31), lo cual no es concordante con la inclinación general de la formación.



Fig. 28. Falla sinsedimentaria presente en la localidad de San Pedro, se observa claramente el cambio de espesor en el estrato superior provocado por fallamiento contemporáneo a la sedimentación

Se tomaron 117 datos de fallas junto con estría de desplazamiento y sentido (Figura 31), se identificaron 10 fallas sinsedimentarias las cuales se encuentran inclinadas hacia el noreste y noroeste (Figura 32), estos 117 datos se procesaron para ver la tendencia de las superficies y de las estrías, se pudieron agrupar 54 datos con base en la disposición geométrica de sus planos de sus estrías y del sentido del desplazamiento, se encontraron 7 agrupaciones de las cuales 1) fallas de cinemática izquierda con las estrías y planos inclinados hacia el noreste, 2) fallas de cinemática izquierda que se inclinan hacia el noreste con estrías buzando hacia el noroeste, 3) fallas de cinemática izquierda que se inclinan hacia el suroeste y estrías buzando hacia el sur (Figura 33), 4) fallas de cinemática derecha con inclinadas hacia el noroeste y estrías al noroeste y noreste, 5)

fallas de cinemática derecha que se inclinan hacia el este con estrías buzando hacia el norte, 6) fallas de cinemática derecha que se inclinan hacia el este y estrías buzando hacia el noreste y sureste, 7) fallas de cinemática derecha que se inclinan hacia el sureste y suroeste y estrías inclinadas hacia el sureste (Figura 34).



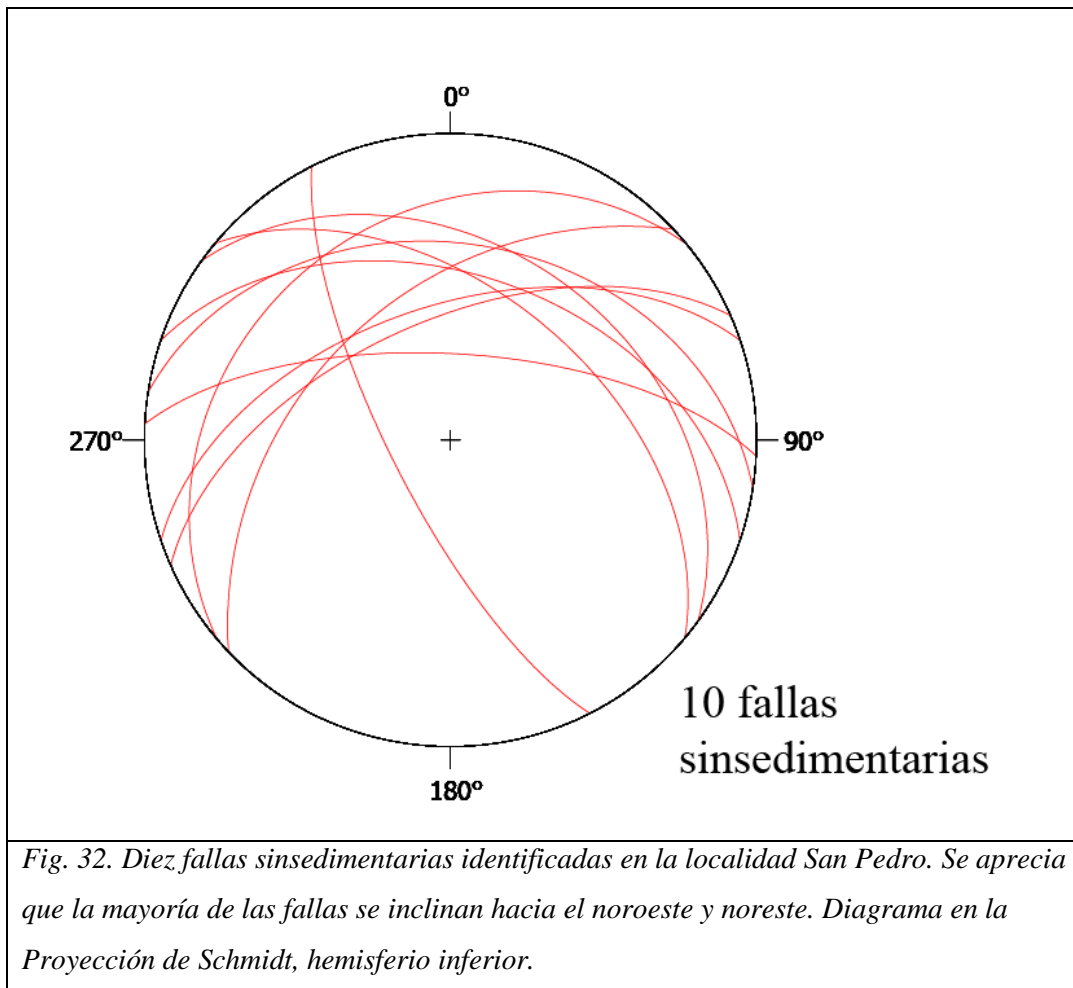
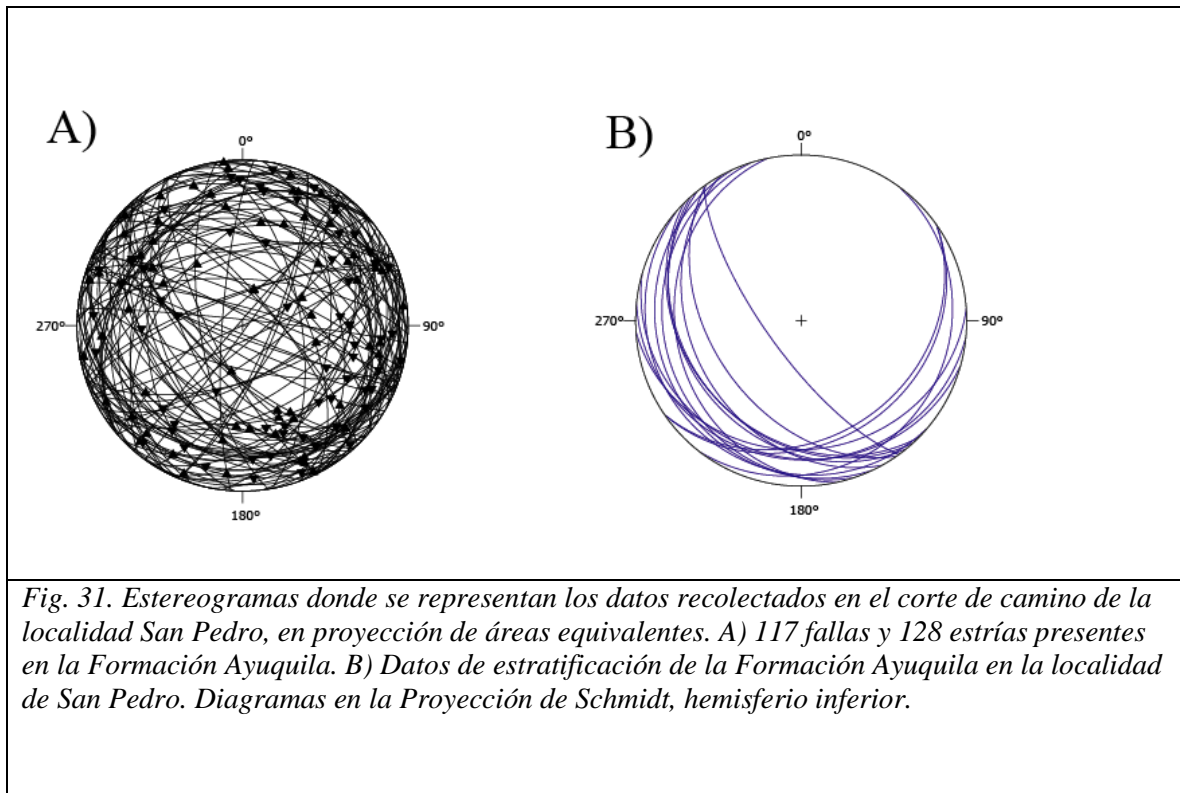


Fig. 32. Diez fallas sinsedimentarias identificadas en la localidad San Pedro. Se aprecia que la mayoría de las fallas se inclinan hacia el noroeste y noreste. Diagrama en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

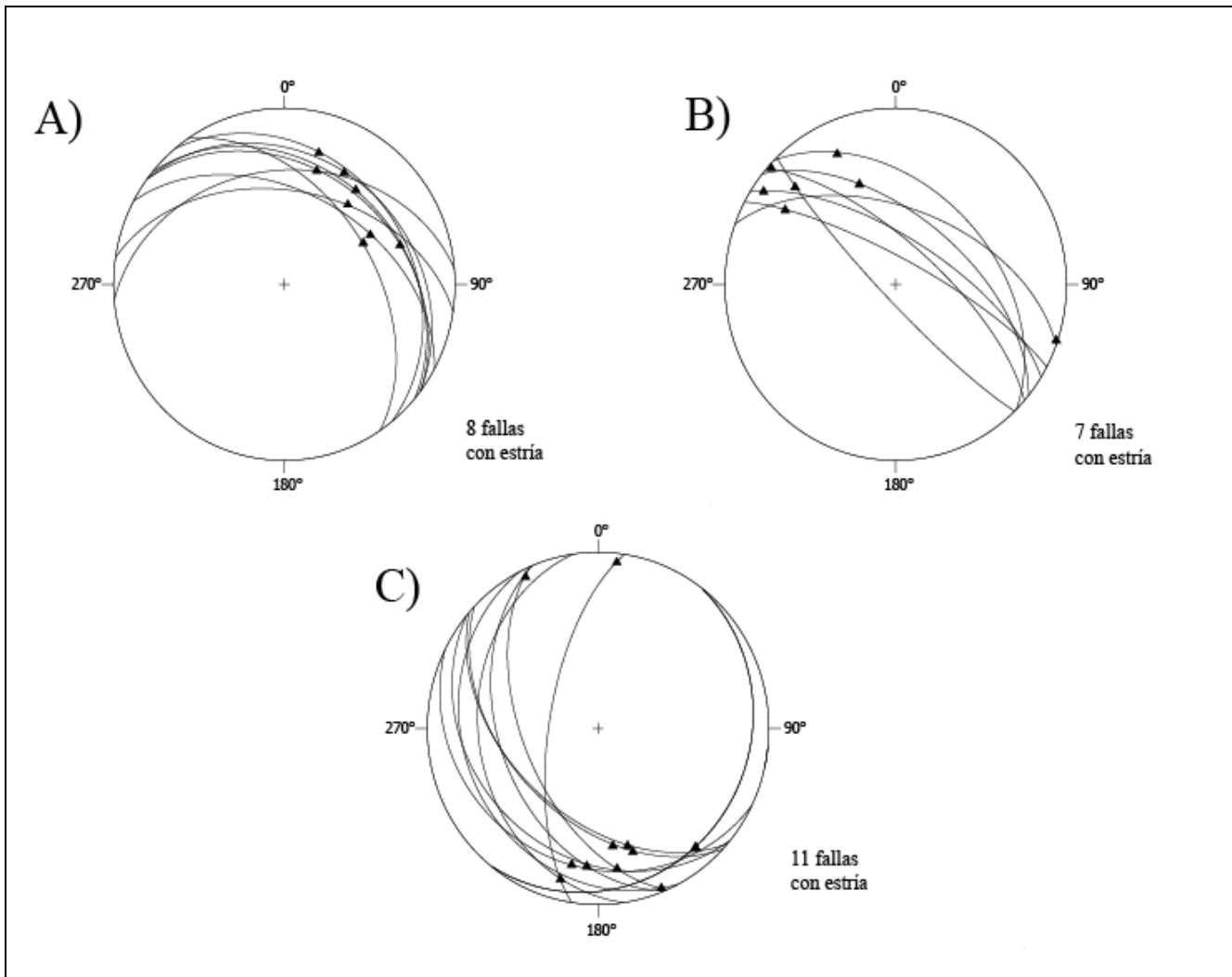


Fig. 33. Familias de superficies de falla con cinemática identificada como izquierda y sus estrías, en la localidad de San Pedro. A) ocho fallas con las estrías y planos inclinados hacia el noreste. B) siete fallas que se inclinan hacia el noreste con estrías buzando hacia el noroeste. C) once fallas que se inclinan hacia el suroeste y estrías buzando hacia el sur. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

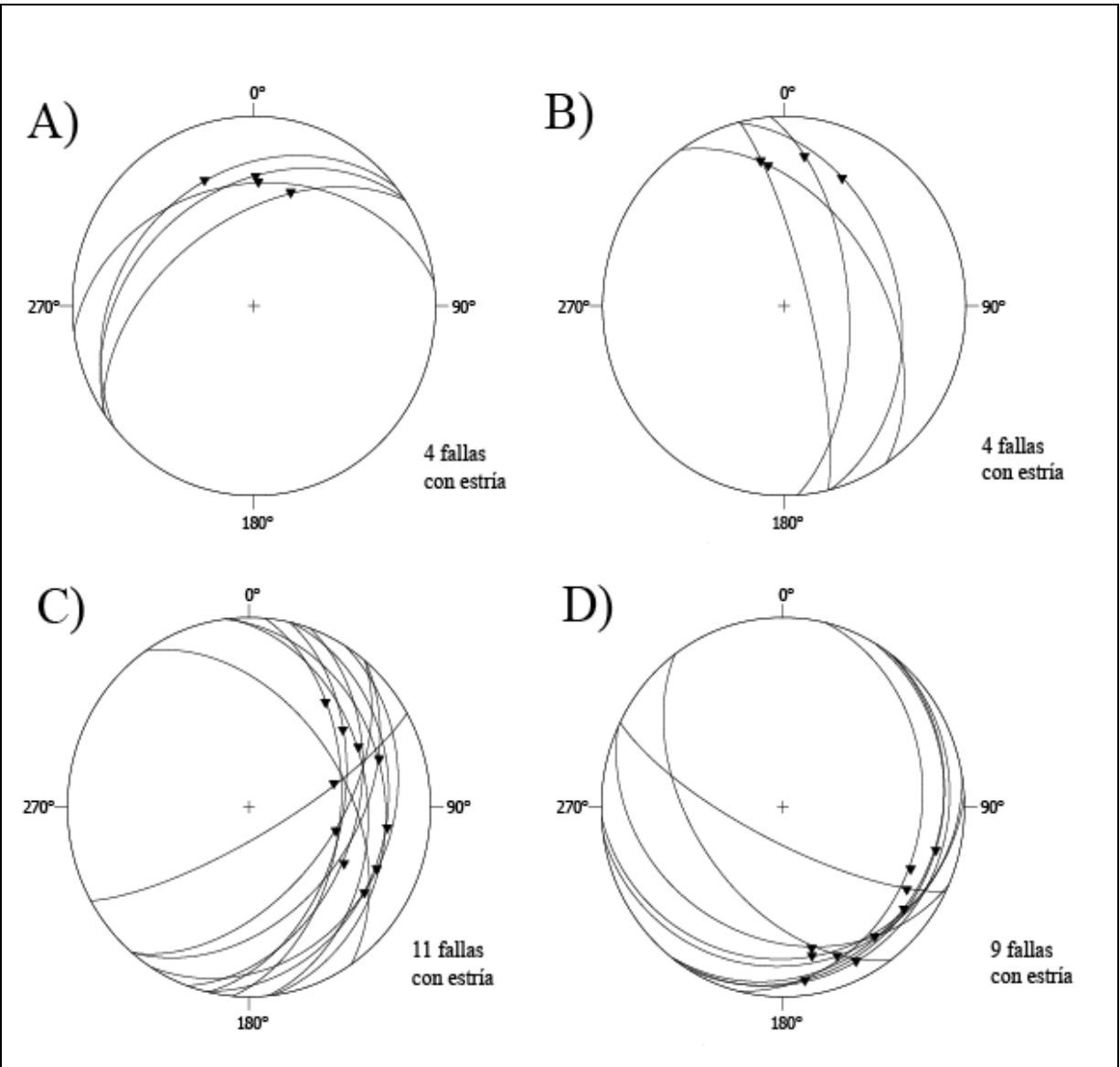


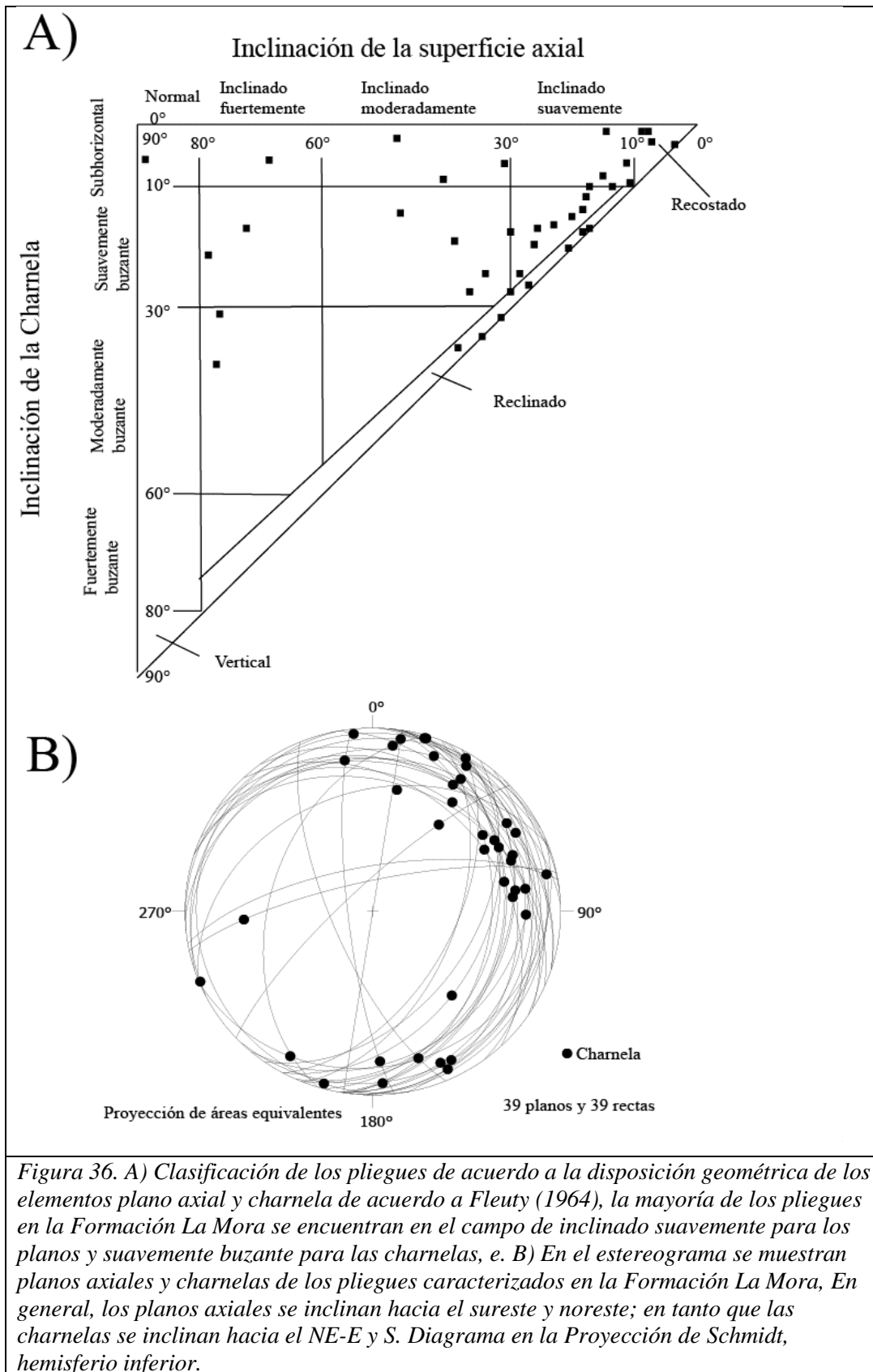
Fig. 34. Familias identificadas de estrías y planos de falla de cinemática derecha tomadas en la localidad de San Pedro. A) 4 fallas con inclinadas hacia el noroeste y estrías al noroeste y noreste. B) 4 fallas que se inclinan hacia el este con estrías buzando hacia el norte. C) 11 fallas que se inclinan hacia el este y estrías buzando hacia el noreste y sureste. D) fallas que se inclinan hacia el sureste y suroeste y estrías inclinadas hacia el sureste Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.

5.5 Localidad Chilixtlahuaca (deformación en la Formación la Mora)

En la localidad Chilixtlahuaca (Figura 5), a diferencia de sus afloramientos en la localidad de San Pedro donde no presenta deformación, la Formación La Mora (Silva-Romo et al., 2015) presenta acortamiento por plegamiento de tipo chevrón. La localidad Chilixtlahuaca se encuentra entre las fallas Texcalapa y El Sabino, donde este sistema de fallas presenta escalonamiento a la izquierda (Figura 5). En un afloramiento se caracterizaron 39 pliegues, en general se trata de pliegues asimétricos (Figura 35), los ángulos interflancos varían entre 5° y 116° , con un promedio de 55° y una con moda de 42° . De acuerdo a la clasificación de Fleuty (1964), el 13 % son apretados, el 61% corresponden con pliegues cerrados y el 26 % son abiertos. Los planos axiales en general se encuentran suavemente inclinados hacia el sureste y noreste, mientras que las charnelas buzcan hacia noreste y sur; además, la mayoría de los pliegues se encuentran dentro de las clasificaciones de recumbente, inclinados suavemente-suavemente buzante y reclinado de acuerdo a Fleuty (1964) (Figura 36).



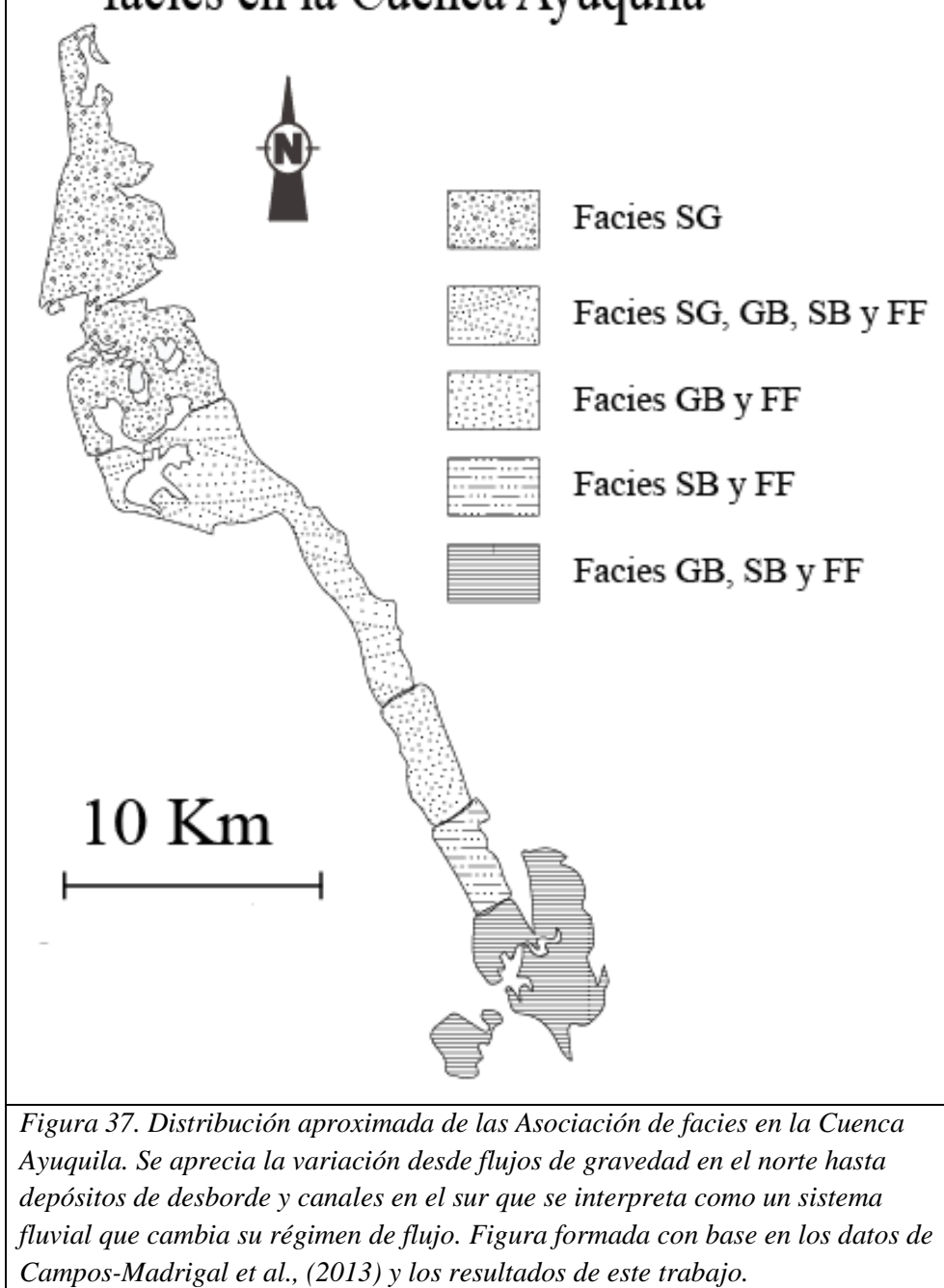
Figura. 35. Pliegues chevrón asimétricos y reclinados en La Formación La Mora en la localidad de Chilixtlahuaca. Este estilo estructural contrasta con el que presenta la misma Formación en las cercanías de San Pedro Yododuxi.



6.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A diferencia de las asociaciones de facies reportadas previamente en la Formación Ayuquila (Campos-Madrigal et al., 2013), las asociaciones de facies reconocidas en este trabajo en las localidades Arroyo Tejaltilán y San Pedro corresponden a un sistema fluvial meándrico, en donde las asociaciones SB y GB representan los depósitos de relleno de canal; mientras que, las asociaciones FF, con zonas de inundación por desborde. Así, con base en los resultados obtenidos en este trabajo, se documenta el cambio de facies de la Formación Ayuquila de norte a sur como se puede apreciar en la (Figura 45). En el norte de la Cuenca Ayuquila, las facies de la Formación Ayuquila son de carácter conglomerático (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965) identificaron a la sucesión de la ahora Formación Ayuquila como “Conglomerado cuarzoso”. Campos-Madrigal et al. (2013) describen a la Formación Ayuquila como una sucesión de conglomerado polimíctico soportado por matriz con cantos y bloques de esquisto, arenisca, gneis, cuarzo metamórfico y unos cuantos clastos volcánicos, Facies Gmm (Miall, 2006). En el área de Texcalapa, a partir de una sucesión de 605 m de conglomerados monomícticos y oligomícticos, Campos-Madrigal. (2013) interpretan flujos de gravedad que edificaron abanicos al pie del escarpe de la Falla Texcalapa, activa al momento de acumulación de la Formación Ayuquila. En la zona central de la cuenca, en el área de Chilixtlahuaca, las facies presentes son principalmente bedforms de arena (Campos-Madrigal et al., 2013) que se interpretan como un sistema fluvial trenzado (predominan Facies Sb). En tanto que, en el sector sur de la cuenca, son notables las facies afines a un sistema meándrico (Miall, 1985). Se reconocen facies FF que representan depósitos de desborde y de planicie de inundación y facies de canal (Figura 37), que se acuñan lateralmente y disminuyen su granulometría hacia la cima. Más al sur la Formación Ayuquila tiene un contacto lateralmente transicional con el Grupo Tecocoyunca expuesta en la Cuenca Tezoatlán, la cual se ha interpretado como depósitos de una llanura de inundación con eventos de transgresión marina (Caballero-Miranda, 1990; Morán-Zenteno et al., 1993). Esto implica que la Formación Ayuquila evidencia un sistema fluvial que drenaba hacia el sur con sus facies de gruesos en la cabecera en la región de Texcalapa, con corrientes trenzadas en el sector central y el desarrollo de corrientes meándricas en el extremo sur y que se desarrolló durante la apertura de la Cuenca Ayuquila en el Jurásico Medio.

Distribución de las asociaciones de facies en la Cuenca Ayuquila



Previamente no se han realizado estudios sobre la deformación sinsedimentaria de la Formación Ayuquila. Aunque con un enfoque estratigráfico y sedimentológico, el trabajo de Campos-Madriral et al. (2013) es el antecedente en la estructura de la Cuenca Ayuquila. Campos-Madriral et al. (2013) reconocen el carácter tectónico de la Cuenca Ayuquila, cuya formación asocian al

desplazamiento con componente lateral de estructuras mayores de larga vida. Campos-Madrigal et al. (2013) consideran con límites estructurales de la Cuenca Ayuquila al Sistema Texcalapa-El Sabino y Falla Petlalcingo-Huajuapán. En el sector sur de la Cuenca Ayuquila, de acuerdo con un criterio de régimen de esfuerzos andersoniano, el fallamiento normal sinsedimentario reconocido en la Formación Ayuquila con rumbo general Este-Oeste, sugiere que, durante su acumulación, la Cuenca Ayuquila experimentaba extensión en dirección norte-sur. En términos generales, esta condición podría ser compatible con fallamiento normal asociado al desplazamiento lateral izquierdo propuesto por Campos-Madrigal et al. (2013) para el Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino; sin embargo, la deformación que presenta la Formación La Mora en las cercanías de Chilixtlahuaca no es compatible con ese desplazamiento lateral izquierdo. La Formación La Mora presenta en la región dos áreas de afloramiento principales: en las cercanías de San Pedro, en el cual aparece casi sin deformación (Silva-Romo et al., 2015). En cambio, en las cercanías de Chilixtlahuaca presenta la deformación por acortamiento que se describe en este trabajo, con pliegues cerrados con superficies axiales sub-horizontales y charnelas con dirección general Este-Oeste, sugiere que en el escalonamiento hacia la izquierda se encontraba en compresión y la Formación La Mora experimentó acortamiento (Figura 38). Si fuera izquierdo el desplazamiento del Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino, de acuerdo a un criterio de fallamiento andersoniano, en el escalonamiento a la izquierda se encontraría deformación de extensión, y no en acortamiento.

En cuanto al desplazamiento por fallas inversas reconocidas en la localidad de San Pedro, se infiere una segunda fase de deformación que reactivó discontinuidades previas, algunas fallas sinsedimentarias y superficies de estratificación en un régimen de acortamiento (Figura 39). En algún momento posterior al depósito de la Formación Ayuquila, muy probablemente durante la fase de acortamiento regional de finales del Cretácico.

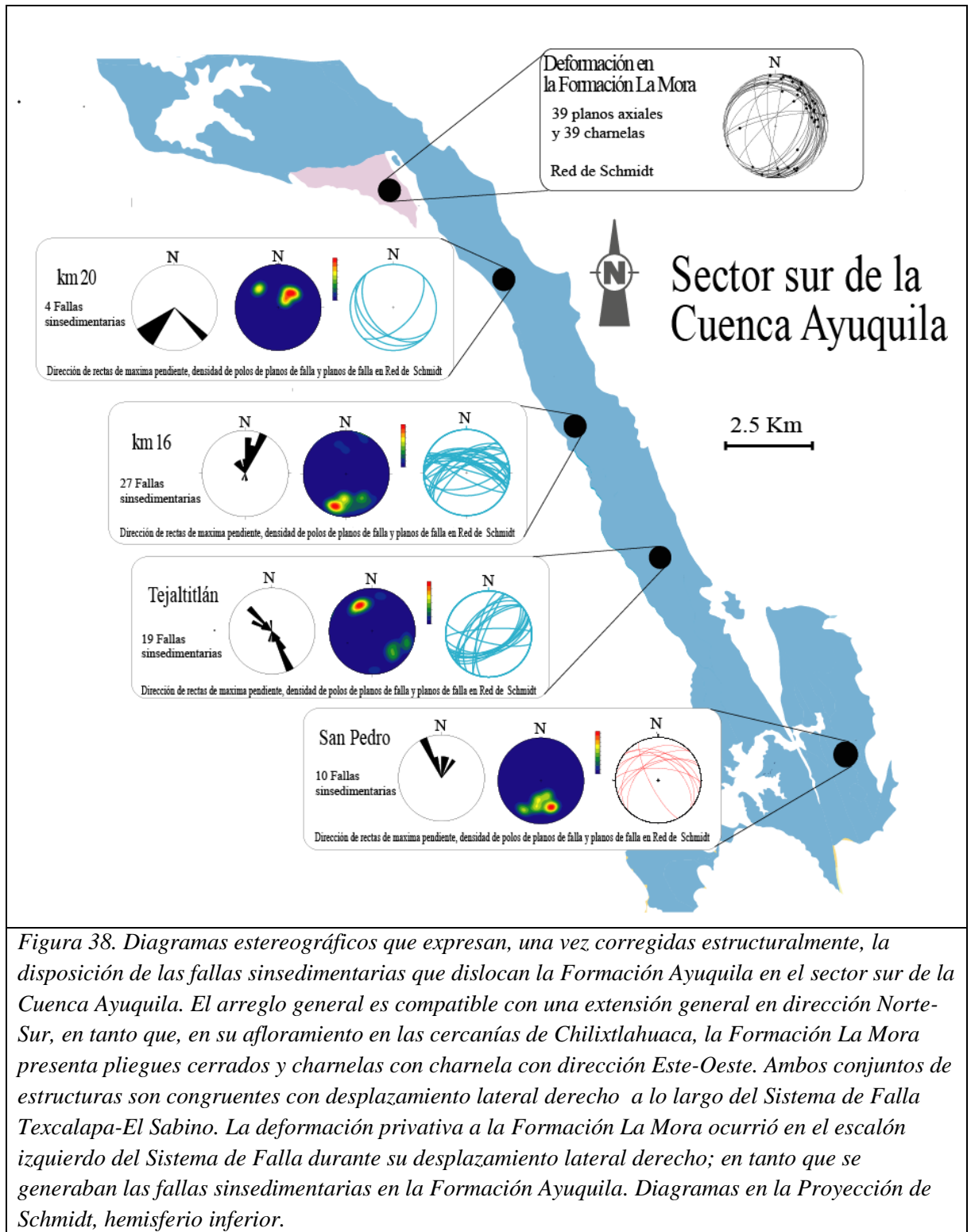
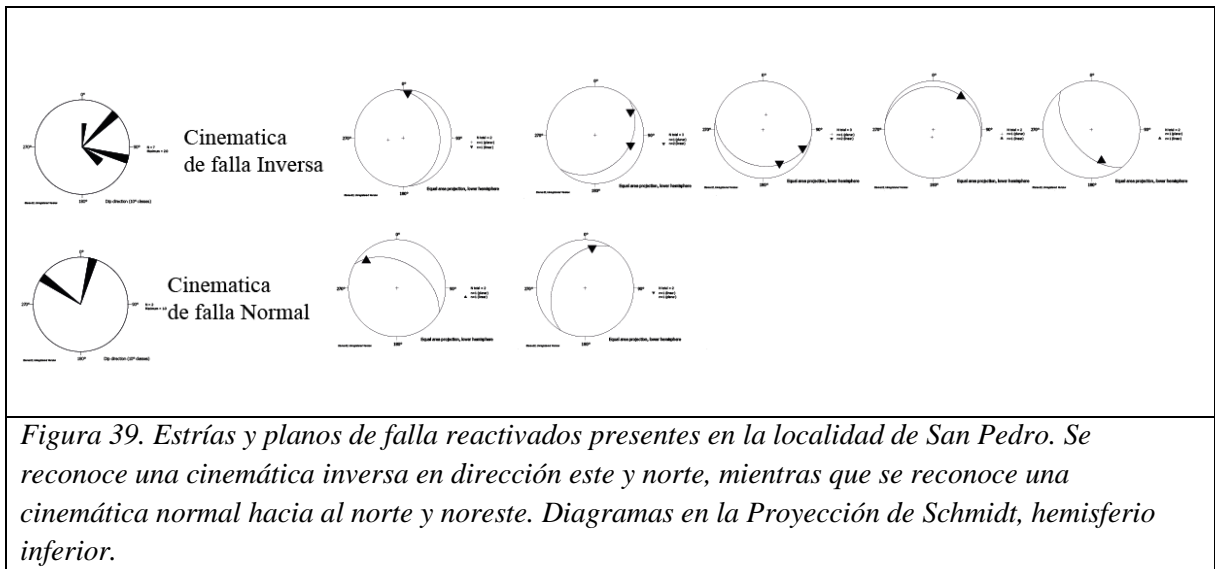
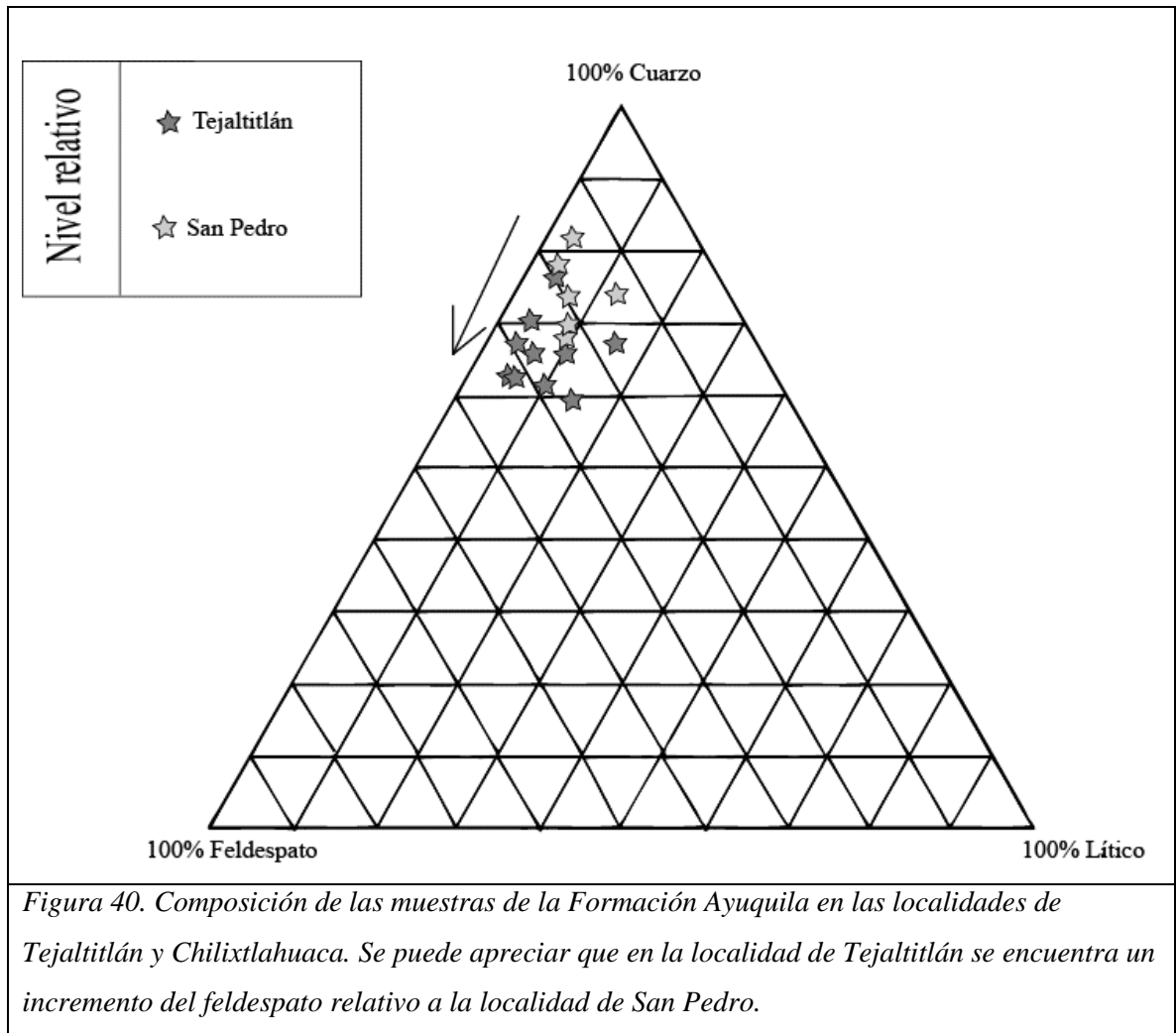


Figura 38. Diagramas estereográficos que expresan, una vez corregidas estructuralmente, la disposición de las fallas sinsedimentarias que dislocan la Formación Ayuquila en el sector sur de la Cuenca Ayuquila. El arreglo general es compatible con una extensión general en dirección Norte-Sur, en tanto que, en su afloramiento en las cercanías de Chilixtlahuaca, la Formación La Mora presenta pliegues cerrados y charnelas con charnela con dirección Este-Oeste. Ambos conjuntos de estructuras son congruentes con desplazamiento lateral derecho a lo largo del Sistema de Falla Texcalapa-El Sabino. La deformación privativa a la Formación La Mora ocurrió en el escalón izquierdo del Sistema de Falla durante su desplazamiento lateral derecho; en tanto que se generaban las fallas sinsedimentarias en la Formación Ayuquila. Diagramas en la Proyección de Schmidt, hemisferio inferior.



No se encontró un paquete de referencia para correlacionar las columnas medidas en las localidades San Pedro y Tejaltilán; sin embargo, de acuerdo con la naturaleza de los contactos de la Formación Ayuquila con las unidades adyacentes se puede discernir que la columna medida en la localidad de San Pedro se encuentra en un nivel estratigráfico inferior, ya que en esta localidad la Formación Ayuquila sobreyace de forma concordante a la unidad Diquiyú mientras que en la localidad de Tejaltilán el contacto inferior es estructural y es con el basamento.

Dicho esto se puede observar que el contenido de feldespatos es mayor en las muestras de la columna medida en la localidad de Tejaltilán que en las muestras de la columna medida en la localidad de San Pedro (Figura 40), lo que implica un aumento de feldespatos en la cuenca a través del tiempo, lo cual se puede explicar por tres procesos que pueden actuar conjuntamente o por separado, 1) las condiciones climáticas cambiaron dando condiciones más aptas para la conservación de las componentes feldespáticas o 2) se presenta la exhumación de basamento lo cual genera mayor aporte de feldespatos a la cuenca 3) un rápido sepultamiento de los sedimentos cambiando así las condiciones de exposición al medio ambiente y permitiendo que el feldespatos se conservara.



En cuanto a las edades presentes en la Formación Ayuquila la mayoría de los circones son heredados de la Formación La Mora, aunque los circones más jóvenes al parecer tienen procedencia del Complejo Ayú y del volcanismo asociado a su exhumación (Helbig et al. 2012).

7.- CONCLUSIONES

En los afloramientos del Sur de la Cuenca Ayuquila, la Formación Ayuquila presenta asociaciones de facies de depósitos de relleno de canal y depósitos por desborde, correspondiendo a un sistema fluvial meándrico. Con base en el análisis de la información previa y en consideración a los resultados obtenidos, se concluye que la Formación Ayuquila registra la evolución espacial de un sistema fluvial que drenaba hacia el sur en una cuenca tectónica durante el Jurásico Medio. En la cabecera de la Cuenca Ayuquila se desarrollaron depósitos aluviales que evolucionan en la parte media a un sistema fluvial trenzado y en extremo sur de la cuenca, a un sistema meándrico.

La deformación sinsedimentaria reconocida en La Formación Ayuquila atestigua un proceso tectónico de extensión cortical en dirección N-S que formó la Cuenca Ayuquila. Dada la dirección de extensión y considerando el acortamiento presente en la Formación La Mora en el escalonamiento hacia la izquierda del Sistema de Fallas Texcalapa-El Sabino, se propone un sistema de tipo pull-apart derecho para la apertura de la Cuenca Ayuquila durante el Jurásico Medio, lo cual es concordante con la cinemática regional propuesta por Martini y Ortega-Gutiérrez (2016) durante la disgregación de Pangea, en su sector centro-occidental.

El arreglo espacio temporal de las cuencas Ayuquila y Tezoatlán sugiere que la extensión cortical durante el Jurásico Medio migró de SSW a N por medio de deformación transtensiva en un sistema lateral derecho. Para que este proceso se llevara a cabo, las estructuras mayores como el sistema Texcalapa - El Sabino y Petlalcingo Huajuapán, ambas con una orientación general NNW-SSE, experimentaron desplazamiento lateral derecho y la Falla El Río Salado, con orientación NWW-SEE tuvo desplazamiento normal.

En el sector sur de la Cuenca Ayuquila se reconoce una reactivación de discontinuidades en un régimen compresivo en dirección este y noreste, la cual ocurrió muy probablemente durante la fase compresiva de finales del Cretácico que afectó a la región.

El principal aporte a la Cuenca Ayuquila es el Complejo Acatlán el cual es el hombro occidental de la cuenca, el contenido de líticos volcánicos se asocian a un aporte de la Unidad Diquiyú mientras que el contenido de líticos metamórficos se asocian principalmente al Complejo Acatlán debido a que estos en su mayoría tienen un menor grado de metamorfismo sin embargo también se considera que hubo un aporte considerable de parte del Complejo Ayú y de fuentes de composición félsica. Se propone apoyar la hipótesis de que el incremento de contenido en feldespatos por exhumación del basamento debido a la extensión.

De acuerdo con los resultados de fechamiento isotópico el relleno de la Cuenca Ayuquila se empezó a acumular hace no menos de 174 Ma edad del circón más joven presente en la Formación Ayuquila. La mayor parte de los circones son heredados de la Formación la Mora.

Se propone un sistema inicial de rift escalonado que iba del suroeste hacia el noreste durante la disgregación de Pangea en el oeste de Pangea (Figura 41).

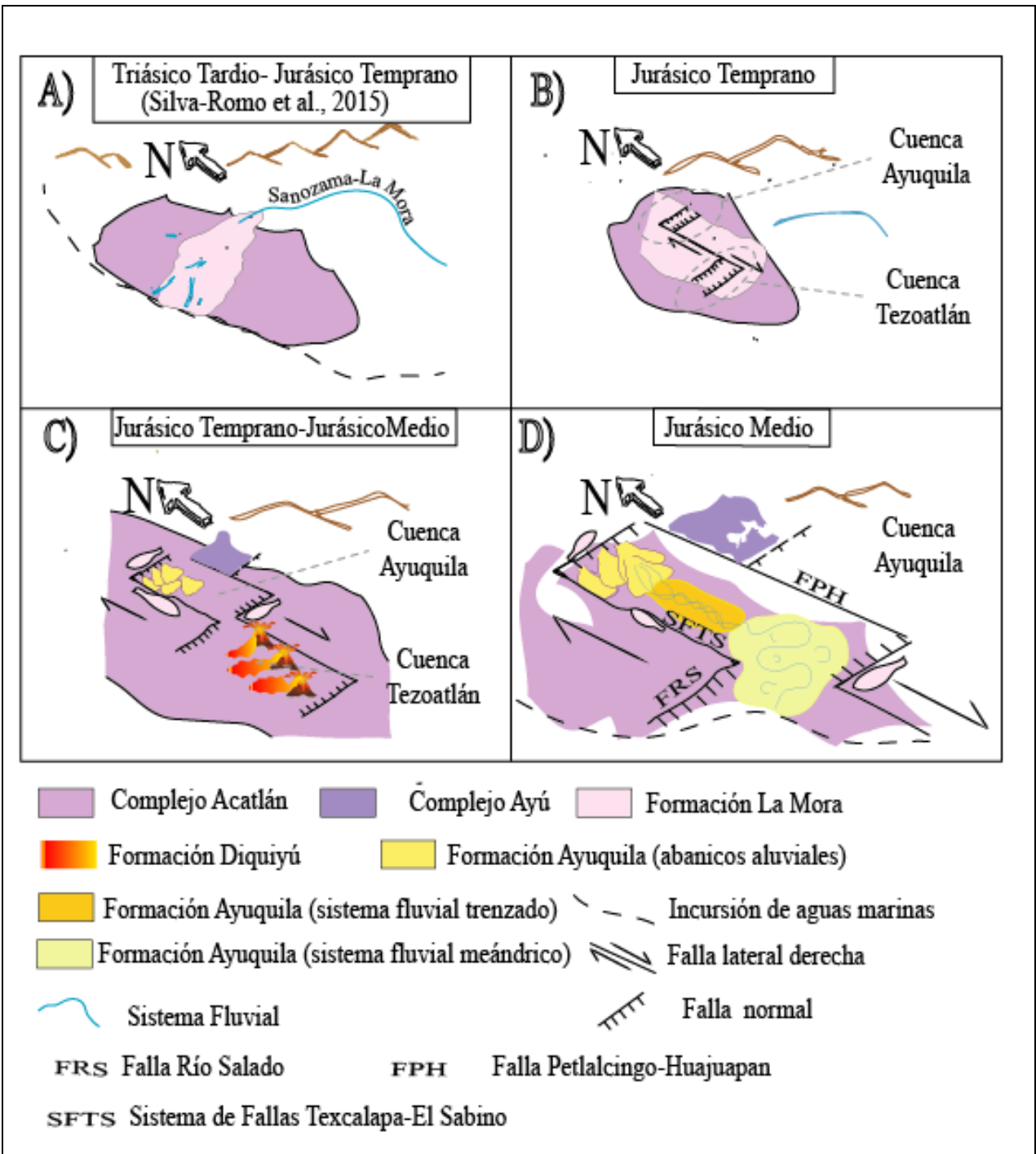


Figura 41. Reconstrucción paleogeográfica del oeste de Pangea desde Jurásico Temprano al Jurásico Medio A) depósitos de sistema fluvial pertenecientes a la Formación La Mora durante el Triásico Tardío y el Jurásico Temprano tomado de Silva-Romo et al. (2015). B) Primera etapa de extensión cortical y apertura de las cuencas Tezoatlán y Ayuquila durante el Jurásico Temprano por medio de un sistema de fallas laterales derechas. C) Sistema Aluvial en la Cuenca Ayuquila y volcanismo asociado a la extensión cortical principalmente en la Cuenca Tezoatlán durante el Jurásico Temprano y Jurásico Medio. D) sistemas aluvial, fluvial trenzado y fluvial meándrico desarrollados en la Cuenca Ayuquila, incursión de aguas marinas en la Cuenca Tezoatlán durante el Jurásico Medio.

8.- REFERENCIAS

- Alaniz-Alvarez, S.A., van der Heyden, P., Samaniego, A.F.N., Ortega-Gutiérrez, F., (1996). Radiometric and kinematic evidence for Middle Jurassic strike-slip faulting in southern Mexico related to the opening of the Gulf of Mexico. *Geology*, 24(5), 443-446.
- Anderson, T.H., Schmidt, V.A., (1983). The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico–Caribbean Sea region during Mesozoic time. *Geological Society of America Bulletin*, 94(8), 941-966.
- Bartok, P., (1993). Pre-breakup geology of the Gulf of Mexico-Caribbean: Its relation to Triassic and Jurassic rift systems of the region. *Tectonics*, 12(2), 441-459.
- Busby-Spera, C.J., White, J.D., (1987). Variation in peperite textures associated with differing host-sediment properties. *Bulletin of Volcanology*, 49(6), 765-776.
- Burckhardt, C.E., (1927). Cefalopodos del Jurásico medio de Oaxaca y Guerrero. Talleres gráficos de la nación.
- Caballero-Miranda, C., Morán-Zenteno, D.J., Urrutia-Fucugauchi, J., Silva-Romo, G., Böhnell, H., Jurado-Chichay, Z., Cabral-Cano, E., (1990). Paleogeography of the northern portion of the Mixteca Terrain, southern Mexico, during the Middle Jurassic. *Journal of South American Earth Sciences*, 3(4), 195-211.
- Campa, M.F., Coney, P.J., (1983). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20(6), 1040-1051.
- Campa-Uranga, M.F., Díaz, J.G., Iriando, A., (2004). El arco sedimentario del Jurásico Medio (Grupo Tecocoyunca y Las Lluvias) de Olinalá. *GEOS Unión Geofísica Mexicana*, 24(2), 174.
- Campos-Madrigal, E., Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C.C., Silva-Romo, G., (2013). Sedimentología, reconstrucción paleoambiental y significado tectónico de las sucesiones clásticas del Jurásico Medio en el área de Texcalapa, Puebla-Huajuapán de León, Oaxaca: Revisión de las formaciones Ayuquila y Tecomazúchil. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30(1), 24-50.
- Carrasco-Ramírez, R.S., Ferrusquía-Villafranca, I., Buitrón-Sánchez, B.E., Ruiz-González, J.E., (2016). Litoestratigrafía del Grupo Tecocoyunca (Jurásico Medio) en el área del Río Ñumí (cerca de Tlaxiaco), Oaxaca y consideraciones sobre la distribución regional de su biota. *Revista Geológica de América Central*, (55) 115-136, DOI: 10.15517/rgac.v55i0.27067

- Corona-Esquivel, R., (1983). Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, Noreste del Estado de Guerrero. *Revista del Instituto de Geología*, 5(1), 17-24.
- Cortes Obregon, S., Villegas, L. T., Bermudez, J. M., Larios, J. P., Aritia, A. G., Castelan, S. C., & Peralta, M. P. (1957). La cuenca carbonifera de la Mixteca: Banco de Mexico. Dpto. Invest. Industriales, pt. I.
- Cruz-Cruz, M.A., (2012). Análisis estratigráfico de la secuencia Jurásica de la región de Santo Domingo Tianguistengo, Oaxaca Santa Cruz Nuevo, Puebla. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis de Licenciatura, 109 p.
- De Anda García, M.A., (2008). Estudio petrológico del Grupo Consuelo (sensu Jiménez Rentería) en la localidad de Rosario Nuevo, municipio de Tezoatlán, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, ESIA, Ticomán, IPN, pp. 491.
- Dietz, R.S., Holden, J.C., (1970). Reconstruction of Pangaea: breakup and dispersion of continents, Permian to present. *Journal of Geophysical Research*, 75(26), 4939-4956.
- Dickinson, W.R., (1970). Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Research*, 40(2), 695-707.
- Dickinson, W.R., Lawton, T.F., (2001). Carboniferous to Cretaceous assembly and fragmentation of Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 113(9), 1142-1160.
- Doblas, M. (1998). Slickenside kinematic indicators. *Tectonophysics*, 295, 187-197
- Durán-Aguilar, R.F., (2014). Sedimentología y geocronología de los lechos rojos del Jurásico, Región Norte de la Cuenca de Tlaxiaco, Oaxaca; Correlación y procedencia. Tesis de Maestría, Instituto de Geología, UNAM, 87p.
- Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., (2002). Caltepec fault zone: An Early Permian dextral transpressional boundary between the Proterozoic Oaxacan and Paleozoic Acatlán complexes, southern Mexico, and regional tectonic implications. *Tectonics*, 21(3) (doi:10.1029/2000TC001278).
- Erben, H.K., (1956a). El Jurásico Medio y el Caloviano de México: XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F., Monografía, 140 p.
- Erben, H.K., (1956b). Estratigrafía y Paleontología del Mesozoico de la Cuenca Sedimentaria de Oaxaca y Guerrero. Especialmente del Jurásico Inferior y Medio: XX Congreso Geológico Internacional, Excursión A-12, México, D.F. p. 11-36.

- Erben, H.K., (1956d). El Jurásico Inferior de México y sus amonitas: XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F., Monografía, 393 p.
- Flores de Dios, A., Buitrón, B.E., (1982). Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero, serie técnico-científica, 12, 3-28.
- Fleuty, M.J., (1964). The description of folds. *Proceedings of the Geologists' Association*, 75(4), 461-492.
- Gazzi, P., (1996). Le arenarie del flysch sopracretacio dell' Appennino modenese; correlazioni con il flysch di Monhidoro. *Mineralogica e Petrográfica Acta*. V12, p. 69-97.
- García-Díaz, J.I., (2004). Etude Geologique de la Sierra Madre del Sur aux environs de Chilpancingo et D'Olinalá, Gro. Universite de Savoie Tesis Doctoral.
- Garzanti, E. (2016). From static to dynamic provenance analysis—Sedimentary petrology upgraded. *Sedimentary Geology*, 336, 3-13.
- González-Torres, A. E. (1989). Geología y paleomagnetismo del área de Tezoatlán, Oaxaca. Tesis de licenciatura, UNAM, Facultad de Ingeniería. 188 p.
- Guerrero-Sánchez, M., Quiroz-Barroso, S.A., (2013). Bivalvos guadalupianos (Pérmico medio) de la Formación Olinalá, Guerrero, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 533-551.
- Guzmán, E.J., (1950). Geología del Noreste de Guerrero. *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín*, v. 2, no. 2, pp. 95-136.
- Helbig, M., Keppie, J.D., Murphy, J.B., Solari, L.A., (2012). U–Pb geochronological constraints on the Triassic–Jurassic Ayú Complex, southern Mexico: derivation from the western margin of Pangea-A. *Gondwana Research*, 22(3-4), 910-927.
- Jenny, H., (1933). Geological reconnaissance survey of the northeastern part of the State of Guerrero; Mexico D. F. Compañía del Petróleo El Aguila S. A. (informe inedito).
- Jiménez-Rentería, J., (2004). Estudio palinoestratigrafico de los grupos Consuelo y Tecocoyunca (Triásico-Jurásico) en la barranca Rosario Nuevo, Región de Tezoatlán al noroeste del estado de Oaxaca, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis de licenciatura, 102 pp.

- Keppie, J.D., Nance, R.D., Dostal, J., Ortega-Rivera, A., Miller, B.V., Fox, D., Powell, J., Mumma, S., Lee, J.W.K., (2004). Mid-Jurassic tectonothermal event superposed on a Paleozoic geological record in the Acatlán Complex of Southern Mexico: hotspot activity during the breakup of Pangea. *Gondwana Research* 7, 239–260.
- Martini, M., Ortega-Gutiérrez, F., (2016). Tectono-stratigraphic evolution of eastern Mexico during the break-up of Pangea: A review. *Earth-Science Reviews*. 183, 38-55
- Martini, M., Ramírez-Calderón, M., Solari, L., Villanueva-Amadoz, U., Zepeda-Martínez, M., Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., (2016). Provenance analysis of Jurassic sandstones from the Otlaltepec Basin, southern Mexico: Implications for the reconstruction of Pangea breakup. *Geosphere*, 12(6), 1842-1864.
- Martiny, B., (2008). Estratigrafía y geoquímica de las rocas magmáticas del Paleógeno en el Occidente de Oaxaca y su significado petrogenético y tectónico: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martiny, B.M., Morán-Zenteno, D.J., Tolson, G., Silva-Romo, G., López-Martínez, M., (2012). The Salado River fault: reactivation of an Early Jurassic fault in a transfer zone during Laramide deformation in southern Mexico. *International Geology Review*, 54(2), 144-164.
- Miall, A.D., (1985). Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*, 22(4), 261-308.
- Miall, A.D., (2006). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*: Heidelberg, Germany, Springer, 582 pp.
- Morán-Zenteno, D.J., (1987). Paleogeografía y paleomagnetismo precenozoicos del terreno Mixteco. Tesis Maestría en Ciencias (Geología).UNAM, 175pp.
- Morán-Zenteno, D.J., Caballero-Miranda, C.I., Silva-Romo, G. Ortega-Guerrero B. González Torres, E., (1993). Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico. *Geofísica Internacional*, 32(3), 453-473.
- Ochoterena, F.M., (1980). Evolución de las unidades morfoestructurales de la región de Diquiyú, Oaxaca, UNAM, Instituto de Geografía, Boletín 10, p. 285-317
- Ortega-Guerrero, B., (1989). Paleomagnetismo y geología de las unidades clásticas mesozoicas del área de Totoltepec-Ixcaquixtla, Estados de Puebla y Oaxaca, México. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Ortega-Gutiérrez, F., (1978a). Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca baja, estados de Puebla y Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2(2), 112-131.
- Ortega-Gutiérrez, F. (1978b). Notas sobre la geología del área entre Santa Cruz y Ayuquila, estados de Puebla y Oaxaca: Paleontología Mexicana. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 44(3), 17-26.
- Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Reyes-Salas, M., Macías-Romo, C., López, R., (1999). Late Ordovician–Early Silurian continental collisional orogeny in southern Mexico and its bearing on Gondwana-Laurentia connections. *Geology*, 27(8), 719-722.
- Pérez-Ibargüengoitia, J.M., Hokuto-Castillo, A., De Cserna, Z., (1965). Estratigrafía y Paleontología del Jurásico Superior de la parte centro meridional del estado de Puebla. Reconocimiento geológico del área de Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio de Acatlán, estado de Puebla: Paleontología Mexicana, 21, 1-22.
- Pindell, J., Dewey, J.F., (1982). Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region. *Tectonics*, 1(2), 179-211.
- Pindell, J.L., (1985). Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean. *Tectonics*, 4(1), 1-39.
- Pindell, J.L., Kennan, L., (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. *Geological Society, London, Special Publications*, 328(1), 1-55.
- Ramos-Leal, J.A., (1989). Estratigrafía y Evolución Paleambiental del área de San Juan Ixcaquixtla, Edo. Puebla: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 70p.
- Ross, M.I., Scotese, C.R., (1988). A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Tectonophysics*, 155(1-4), 139-168.
- Ruiz-Castellanos, M., (1970). Reconocimiento geológico en el área de Mariscala-Amatitlán. Estado de Oaxaca: Sociedad Geológica Mexicana, Libro-guía excursión México-Oaxaca, 55-66.
- Sedlock, R.L., Ortega-Gutiérrez, F., Speed, R.C., (1993). Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. *Geological Society of America Special Papers*, 278, 1-153.

- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C.C., Campos-Madriral, E., Centeno-García, E., Peralta-Salazar, R., (2015). Early Mesozoic Southern Mexico–Amazonian connection based on U–Pb ages from detrital zircons: the La Mora Paleo-River in the Mixteca Terrane and its paleogeographic and tectonic implications. *Gondwana Research*, 28(2), 689-701.
- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C.C., Campos-Madriral, E., Morales-Yáñez, A., de la Torre-González, A.I., Nápoles-Valenzuela, J.I., (2018). Recycling of Amazonian detrital zircons in the Mixteco terrane, southern Mexico: Paleogeographic implications during Jurassic-Early Cretaceous and Paleogene times. *Journal of South American Earth Sciences*. 83, 210-226.
- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C.C., Campos-Madriral, E., (2016). Elementos de cartografía geológica. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- Solari, L. A., & Tanner, M., (2011). UPb. age, a fast data reduction script for LA-ICP-MS U-Pb geochronology. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(1), 83-91.
- Van der Plas, L., Tobi, A.C., (1965). A chart for judging the reliability of point counting results. *American Journal of Science*, 263(1), 87-90.
- Vega-Granillo, R., Calmus, T., Meza-Figueroa, D., Ruiz, J., Talavera-Mendoza, O., López-Martínez, M., (2009). Structural and tectonic evolution of the Acatlán Complex, southern Mexico: Its role in the collisional history of Laurentia and Gondwana. *Tectonics*, 28(4).
- Verde Ramírez M.A., (2015). Relación entre la tectónica y la sedimentación del Jurásico, Santo Domingo Tianguistengo, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Tesis Maestría.
- Westermann, G.E.G., 1981, The Upper Bajocian and Lower Bathonian (Jurassic) ammonite faunas of Oaxaca, México and West-Tethyan affinities: *Paleontología Mexicana* 46, 42 p.
- Yáñez, P., Patchett, P.J., Ortega-Gutiérrez, F., Gehrels, G.E., (1991). Isotopic studies of the Acatlán Complex, southern Mexico: implications for Paleozoic North American tectonics: *Geological Society of America Bulletin*, 103, 817-828
- Zepeda-Martínez, M., (2017). Petrografía de las areniscas continentales de la localidad Rosario Nuevo, Oaxaca. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.

Apéndice I. DATOS ESTRUCTURALES

Datos estructurales del corte carretero sobre el camino a la Presa Yosocuta

SØ	rumbo	echado
1	96	17
2	131	10
3	151	34
4	162	18
5	138	31
6	141	29
7	145	45
8	155	14
9	86	23
10	55	27
11	135	31
12	144	73
13	168	25
14	55	30
15	106	18
16	37	12

S2	rumbo	echado	estría	indicador	sentido	certidumbre	des(cm)
1	104	69	33	TM-03, CM-05	ND	2	48
2	229	28	158	IS-01	NIZ	1	
3	121	77	23	TM-03	IDE	2	14
4	123	74	176	TM-03	IZ	2	
5	350	61	12	TM-03	D	2	
6	258	50	119	TM-03	DE	1	35
7	208	39	154		N	3	25
8	316	76	21	TM-03, IS-01	IZ	2	
9	122	51	23		D	2	
10	142	71	37	TM-03, CM-05	ID	3	
11	60	64	45	TM-03	D	3	
12	332	26	28	T	D	2	
13	152	62	42	T	I	3	
14	231	33	12	T	IZ	3	
15	207	25	17	T	N	3	9
16	36	88	151	CM-05	D	2	
17	132	69	41		IZ	3	
18	32	71	64	T	I	3	
19	134	68	49,40	T,T	N	3	
20	219	51	157	CM-05,T	D	3	
21	145	43	15	T	IIZ	2	
22	132	49	124,45	T,T	ND,N	3	

23	229	81	160	CM-05,T	D	3	
24	70	21	105	t	N	2	
25	66	64	11	t	IZ	3	
26	221	88	14	IS-01	IZ	2	
27	80	41	4,80		IZ.I	1	
28	334	7	44	T	N	3	
29	171	69	122	TM-03,IS-01	IZ	2	
30	183	42	30	T	D	2	
31	23	76	27	T	IZ	2	
32	159	49	42	T	I	2	
33	7	46	5	T	D	2	
34	232	27	146	T	IZ	2	
35	71	63	120	T	E	2	
36	56	53	47	T	D	3	
37	46	36	64	T	ID	2	
38	115	81	121		N	3	
39	125	43	66	TM-03,CM-05	N	2	
40	105	22	46	TM-03,CM-05	D	2	
41	295	58	32	TM-03,CM-05	IZ	2	
42	72	37	92	T	D	3	
43	62	45	9	T	D	3	
44	290	83	9	T	D	3	
45	184	80	11	T	IZ	3	
46	333	60	112	TM-03,CM-05	I	2	
47	353	24	105	TM-03,CM-05	I	2	
48	141	42	129	T	IZI	2	
49	110	34	47	T	D	2	
50	273	67	50	T	IZ	1	
51	294	76	25	T	D	2	DIKE-FALLA
52	289	70	172		I	2	
53	276	87	173	T	ND	2	3.5
54	285	81	157		D	2	3.5
55	64	83	31	T	D	3	
56	154	46	151	T	IZ	3	
57	101	23	36	T	IZ	2	
58	110	38	55	T	ID	3	
59	138	64	144	T	D	3	
60	310	50	4	T	IZ	2	
61	340	42	151	T	IZ	2	
62	149	75	103	T	IZ	2	
63	198	35	153	T	IZ	2	
64	139	54	161	IS-05	D	2	
65	190	2				2	
66	275	21	52	TM-03,CM-05	ID	1	

67	285	8	108	T	IZI	2	
68	146	27	72	T	D		
69	203	29	31	T	IZ	2	
70	298	48	15	T	IZ	2	
71	34	39	21	T	D	2	
72	320	75	80	T	IZ	2	DIKESAND
73	129	24	10,31	T	D,I	2	
74	65	90	12	T	D	1	
75	85	14	118	TM-03,CM-05	D	2	
76	300	12	108	CM-05	IZI	2	
77	149	82	68,158	T	ID,ND	2	
78	297	85	175	T	DI	2	
79	95	24	31	T	DI	2	
80	64	22	46	T	ID	2	
81	96	22	5,73	ID	T	2	
82	54	74	108	T	IIZ	2	
83	294	14	34,132	T	IZ,IZ	2	101
84	319	64	112	T	IIZ	2	
85	339	19	17,116	T	IZ,IZ	2	
86	78	27	41	T	ID	2	
87	125	31	118	T	IIZ	2	
88	271	53	154,45	T	I,N	1	80
89	314	23	29	T	IZN	2	9
90	11	21	152,18	T	IIZ,D	2	
91	306	37	52	T	NIZ	2	
92	223	23	45	T	NIZ	2	
93	141	7	156	T	NIZ	2	
94	350	12	1	T	IZ	2	
95	35	7	122	T	ID	2	
96	26	22	27	T	ID	2	
97	289	45	114,72	T	IIZ,ID	2	
98	45	15		T	DI	2	
99	332	27	88	T	IIZ	2	
100	74	14	155		ND	2	
101	246	58	60	T	ND	1	24
102	279	36	13	T	IZ	1	
103	251	54	13	T	ND	1	37
104	294	74	2	T	IZN	1	78
105	25	37	15,118	T	D,D	2	
106	294	36	113	T	ND	2	
107	251	74	175	T	IZ	2	
108	256	41	118,2	T	IZI,IZI	2	
109	110	84	43	T	ID	2	
110	28	16	145	T	N	2	

111	116	27	156	T	DI	2	
112	135	13	75	T	IZI	2	
113	230	28	135	T	ND	2	
114	259	31	137	T	IIZ	1	
115	112	86	168	T	DI	2	
116	287	27	126	T	IIZ	2	
117	254	39	110	T	IZI	2	

Localidad	clave	coordenadas	descripción	datos
Ciénega de Zahuatlán	CH-01	14 Q 619517 mE 1974254 mN		S2: 249, 81; 316, 67 ; S0: 031,48; 035, 38; 25,62; 30, 34; S0: 031,48; S2: 249, 81; 316, 67; S0: 035, 38; S2: 249, 81; 316, 67
Chilixtlahuaca	CH-02	14 Q 615403 mE 1980567 mN	Deformación en la Formación La Mora, en general presenta pliegues tipo chevron, en los cuales los planos axiales son subhorizontales	S0: 25,62 ; S2: 249, 81; 316, 67, más tabla anexa
Tejaltitlán	CH-03	14q 622927, 1968477	fallas sinsedimentarias desarrolladas en facies Sb	
Tejaltitlán	CH-04	622927, 1968381	fallas sinsedimentarias	Fallas sinsedimentarias:
Tejaltitlán	CH-05	622947, 1968331	En esta localidad se encuentra la Formación Ayuquila afloran bajo el puente en la entrada de Tejaltitlán, aparece como una alternancia de limolitas con areniscas finas en ocasiones paquetes de pequeño espesor	Fallas Sinsedimentarias: 322.00 ,44.00; 335.00, 29.00; 334.00, 039.00; 348.00, 37.00; 344.00, 59.00; 344.00, 55.00; 121.00, 81.00; 172.00, 56.00; 140.00, 60.00; 359.00, 51.00; 2.00, 42.00; 326.00, 34.00;

			de areniscas medias a gruesas llegando a ser guijarrosas, se han identificado varias fallas sinsedimentarias, presenta otras estructuras sedimentarias como intraclastos, estratificación cruzada curva, plana, laminaciones y nódulos.	340.00, 39.00. Estratificación: 055.00, 41.00; 035.00, 64.00; 075.00, 74.00; 040.00 77.00; 079.00, 41.00; 075.00, 64.00; 056.00, 57.00; 019.00, 67.00; 075.00, 56.00; 014.00, 64.00; 057.00, 51.00
San Pedro Yodoyuxi	CH-06	628473, 1961795	Toma de muestra para lámina delgada de La Unidad volcánica Diquiyú	

dato	Dirección e inclinación de recta de máxima inclinación	dato	Dirección e inclinación de recta de máxima inclinación	dato	Dirección e inclinación de recta de máxima inclinación
Pliegue 1	083.00 34.00 P	Pliegue 14	039.00 20.00 P	Pliegue 27	281.00 34.00 P
	149.00 11.00 P		322.00 30.00 P		113.00 22.00 P
	066.00 19.00 P		339.00 35.00 P		120.00 11.00 P
	15.00 13.00 L		011.00 33.00 L		086.00 6.00 L
Pliegue 2	070.00 50.00 P	Pliegue 15	202.00 55.00 P	Pliegue 28	098.00 32.00 P
	235.00 30.00 P		294.00 35.00 P		100.00 28.00 P
	043.00 38.00 P		329.00 29.00 P		095.00 20.00 P
	343.00 18.00 L		024.00 3.00 L		052.00 17.00 L
Pliegue 3	115.00 45.00 P	Pliegue 16	292.00 47.00 P	Pliegue 29	047.00 26.00 P
	320.00 22.00 P		103.00 65.00 P		131.00 57.00 P
	223.00 14.00 P		290.00 60.00 P		102.00 23.00 P
	025.00 20.00 L		196.00 16.00 L		059.00 20.00 L
Pliegue 4	245.00 13.00 P	Pliegue 17	296.00 52.00 P	Pliegue 30	355.00 57.00 P
	134.00 36.00 P		106.00 42.00 P		097.00 25.00 P
	137.00 21.00 P		009.00 13.00 P		030.00 46.00 P

	041.00 12.00 L		014.00 11.00 L		033.00 32.00 L
Pliegue 5	352.00 36.00 P	Pliegue 18	081.00 46.00 P	Pliegue 31	069.00 21.00 P
	074.00 34.00 P		267.00 46.00 P		158.00 42.00 P
	051.00 29.00 P		054.00 25.00 P		051.00 25.00 P
	054.00 19.00 L		358.00 11.00 L		069.00 9.00 L
Pliegue 6	095.00 33.00 P	Pliegue 19	290.00 32.00 P	Pliegue 32	337.00 56.00 P
	300.00 49.00 P		054.00 36.00 P		158.00 42.00 P
	110.00 29.00 P		349.00 19.00 P		062.00 34.00 P
	353.00 25.00 L		006.00 7.00 L		061.00 24.00 L
Pliegue 7	001. 64.00 P	Pliegue 20	104.00 31.00 P	Pliegue 33	080.00 21.00 P
	152.00 46.00 P		293.00 15.00 P		130.00 39.00 P
	140.00 19.00 P		011.00 31.00 P		135.00 20.00 P
	340.00 25.00 L		037.00 10.00 L		050.00 19.00 L
Pliegue 8	119.00 52.00 P	Pliegue 21	094.00 29.00 P	Pliegue 34	108.00 34.00 P
	060.00 29.00 P		120.00 79.00 P		136.00 59.00 P
	081.00 39.00 P		099.00 31.00 P		115.00 44.00 P
	036.00 17.00 L		033.00 35.00 L		066.00 22.00 L
Pliegue 9	107.00 42.00 P	Pliegue 22	120.00 79.00 P	Pliegue 35	136.00 59.00 P
	131.00 38.00 P		115.00 30.00 P		339.00 59.00 P
	151.00 15.00 P		135.00 35.00 P		034.00 20.00 P
	040.00 17.00 L		045.00 45.00 L		056.00 15.00 L
Pliegue 10	131.00 26.00 P	Pliegue 23	220.00 30.00 P	Pliegue 36	339.00 59.00 P
	165.00 66.00 P		082.00 64.00 P		131.00 36.00 P
	314.00 42.00 P		082.00 40.00 P		010.00 14.00 P
	065.00 21.00 L		045.00 36.00 L		054.00 14.00 L
Pliegue 11	104.00 39.00 P	Pliegue 24	279.00 77.00 P	Pliegue 37	102.00 54.00 P
	301.00 7.00 P		321.00 14.00 P		236.00 34.00 P
	062.00 12.00 P		293.00 49.00 P		070.00 44.00 P
	036.00 11.00 L		009.00 17.00 L		003.00 15.00 L
Pliegue 12	054.00 31.00 P	Pliegue 25	092.00 38.00 P	Pliegue 38	025.00 49.00 P
	132.00 44.00 P		286.00 38.00 P		120.00 30.00 P
	076.00 21.00 P		296.00 74.00 P		040.00 31.00 P
	014.00 14.00 L		011.00 4.00 L		355.00 25.00 L
Pliegue 13	310.00 23.00 P	Pliegue 26	220.00 24.00 P	Pliegue 39	065.00 27.00 P
	039.00 20.00 P		080.00 30.00 P		140.00 42.00 P
	014.00 30.00 P		087.00 27.00 P		114.00 29.00 P
	348.00 40.00 L		210.00 25.00 L		84.00 26.00 L

Apéndice II. ESTUDIOS PETROGRÁFICOS

Muestra AM-09

Descripción: arenisca con una selección buena a regular, se observa que la principal componente es cuarzo el cual presentan extinción ondulada, se observa también líticas volcánicas y componentes feldespáticos, y algunos minerales opacos como óxidos y materia orgánica.

Cuarzo: el cuarzo se presenta en general con formas equidimensionales en ocasiones alargadas, y en general se presenta bien redondeado además de que presenta extinción ondulada

Feldespato: se presenta con formas alargadas en dirección en algunos casos equidimensionales en general angulosos y de tamaños de entre .2 y .4 mm.

Líticas: los líticas principalmente son de origen metamórfico y volcánico de composición basáltica, sin embargo también contiene líticas sedimentarios en cantidades subordinadas. En general los líticas metamórficos se presentan como cuarzo policristalino, en algunas ocasiones conteniendo componentes micáceas, mientras que los líticas volcánicos se encuentran con texturas que se encuentran cerca del límite de tipo latwork y microlítico y en muchas ocasiones con textura traquítica.

Minerales Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia angulosos a subangulosos.

Muscovita y biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada, generalmente se encuentran asociados a cuarzo policristalino.

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración y no existe en gran abundancia sustituyendo a cristales.

Porcentaje: Cuarzo: 59%

Feldespato: 27%

Líticas: 14%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespato-lítica soportada por matriz

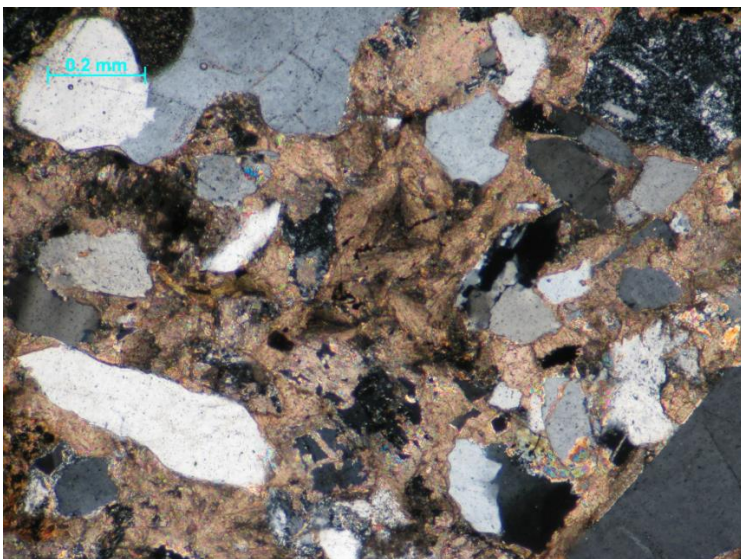


Foto de Lamina delgada muestra AM-09

Muestra Tej-01

Descripción: La granulometría de esta muestra se encuentra entre los .5 mm y .1mm, tiene de regular a mala selección, se presenta soportada por granos, los granos presentan angulosidad y diferentes geometrías. Los granos presentes, son principalmente de composición cuarzosa que en su mayoría presentan extinción ondulada, angulosidad y geometría irregular con tendencia tabular.

Cuarzo: en general los granos de cuarzo se presentan con geometrías equidimensionales, en algunas ocasiones alargados, con los bordes en general angulosos además de presentar extinción ondulada,

Feldespato, la geometría de estos cristales tiende a ser cuadrangular a tabular, sin redondear con tamaños de grano de entre .2 y .4 mm.

Líticos: contiene volcánicos y metamórficos, en general los líticos volcánicos se encuentran en menor proporción y con un tamaño cercano a .1 mm, redondeados y con geometría equidimensional, también contiene líticos metamórficos los cuales alcanzan un tamaño de hasta .5 mm, en general se encuentran como fragmentos de cuarzo policristalinos, llegando a contener cristales de micas.

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia semiredondeado.

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada y se encuentran asociados al cuarzo comúnmente

Porcentaje: Cuarzo: 66%

Feldespato: 28%

Lítico: 6 %

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

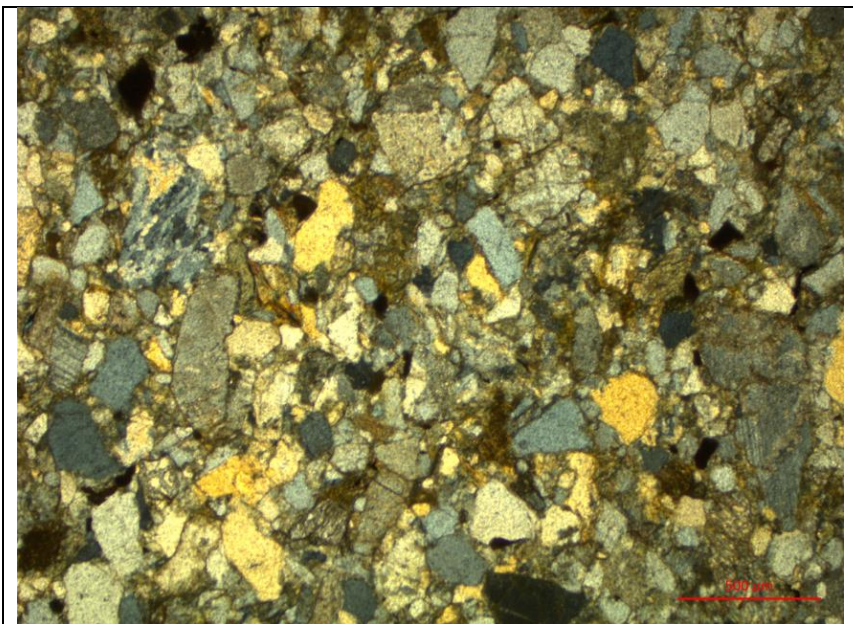


Foto de lámina delgada de muestra Tej-01

Muestra Tej-02

Descripción: La granulometría de esta muestra se encuentra en la mayoría de los granos mayor a .5 mm y menor a 1 mm, presenta mala selección, se encuentra soportada por granos, los granos presentan angulosidad y diferentes geometrías. Los granos presentes, son principalmente de composición cuarzosa que en su mayoría presentan extinción ondulada, angulosidad y geometría irregular con tendencia tabular.

Cuarzo: en general los granos de cuarzo se presentan equidimensionales a alargados, con los bordes en general angulosos aun que los de menor tamaño se encuentran bien redondeados y en cantidades subordinadas, presentan extinción ondulada,

Feldespato, la geometría de estos cristales tiende a ser cuadrangular a tabular, sin redondear.

Líticos: contiene volcánicos metamórficos y sedimentarios, en general los líticos volcánicos se encuentran en menor proporción y con un tamaño cercano a .1 mm, redondeados y con geometría equidimensional, también contiene líticos metamórficos los cuales alcanzan un tamaño de hasta .5 mm, en general se encuentran como fragmentos de cuarzo policristalinos, llegando a contener cristales de micas, los líticos sedimentarios comúnmente se encuentran deformados, ocupando cavidades interpartícula y en muchos casos con betillas de cuarzo anteriores a su ciclo sedimentológico.

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia anguloso y tamaño aproximado a 1 mm.

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración y no existe en gran abundancia sustituyendo a cristales de aproximadamente .5 mm.

Porcentaje: Cuarzo: 62%

Feldespato: 32%

Líticos: 6%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

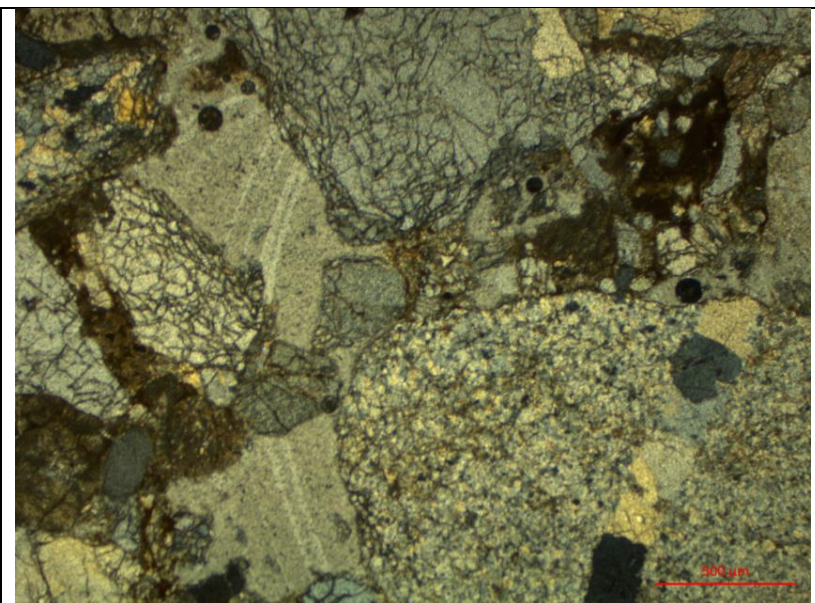


Foto de lámina delgada de muestra Tej-02

Muestra Tej-03

Descripción: arenisca que presenta granulometría que oscila alrededor de .1mm se presenta con buena selección, soportada por matriz, en general la principal componente es cuarzo, aunque contiene feldespatos y cantidades subordinadas de líticos , en algunas partes se encuentra acumulación de materia orgánica

Accesorios:

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada

Óxidos.

Cuarzo: en general los granos de cuarzo presentan extinción ondulante, su granulometría se encuentran en un rango de tamaño entre .1 y .3 mm, con bordes angulosos y en general de geometría irregular.

Feldespato: De proporción isométrica, cuadrangulares a rectangulares

Líticos: en esta muestra se identificaron principalmente metamórficos en algunas ocasiones además de cuarzo policristalino se encuentran asociados minerales micáceos

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Porcentaje: Cuarzo: 67%

Feldespato: 29%

Lítico: 4%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

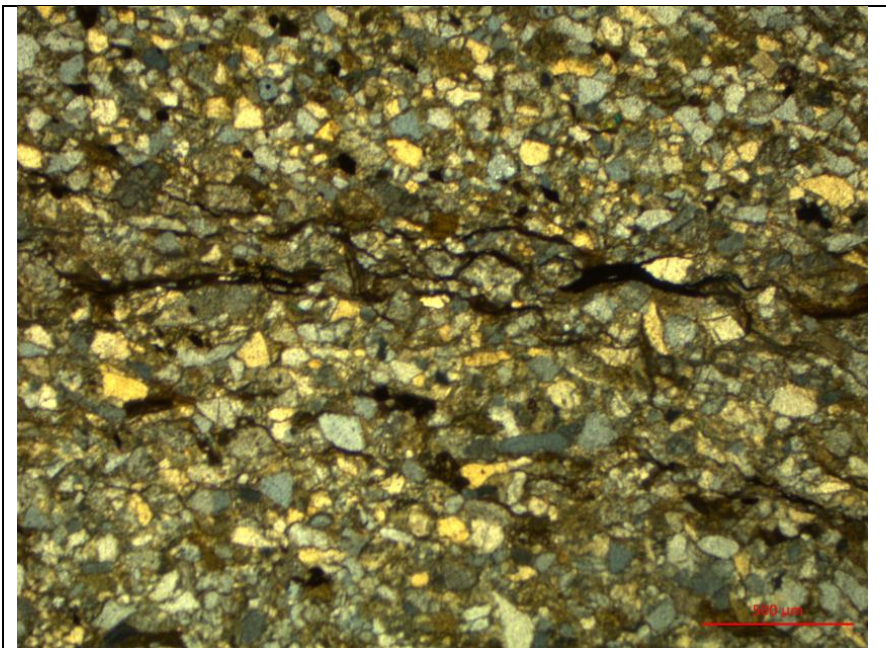


Foto de lámina delgada de muestra Tej-03

Muestra Tej-04

Descripción: arenisca soportada por granos, la granulometría se encuentran entre los .4 y .1 mm, regular a bien seleccionado, en general los grano son angulosos isométricos aunque los cristales de cuarzo principalmente presentan geometrías alargadas y bordes angulosos.

Cuarzo: presenta geometría alargada con extinción ondulada, en general estos cristales son los de mayor tamaño en esta muestra, también presentan en algunos casos inclusiones.

Feldespato: en general geometría tabular y maclado.

Líticos: principalmente volcánicos tipo latworck, bien redondeados de tamaño oscila entre .1mm.

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos

Clorita: este mineral se encuentra con alteración

Conteo de puntos objetivo 5x, salto .25mm

Porcentaje: Cuarzo: 61%

Feldespato: 29%

Lítico: 10%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespatoalítica

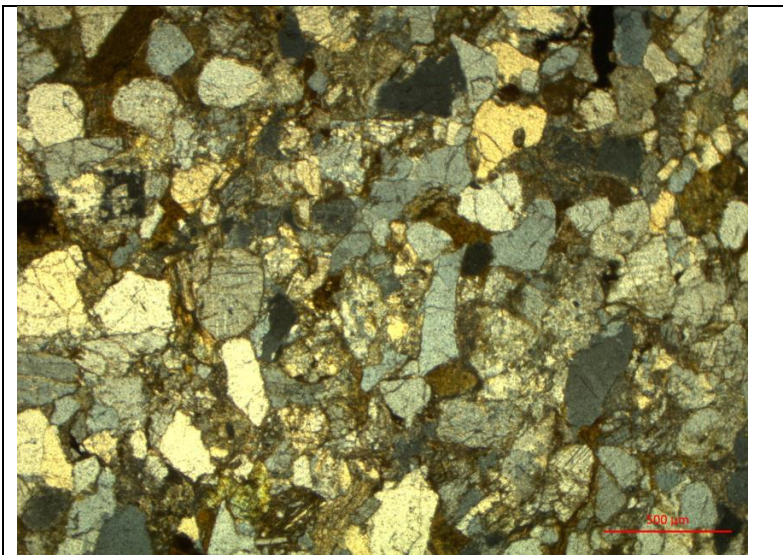


Foto de lámina delgada de muestra Tej-04

Muestra Tej-05

Descripción: arenisca que presenta granulometría que oscila alrededor de .1mm se presenta con buena selección, soportada por matriz, en general la principal componente es cuarzo, aunque contiene cantidades subordinadas de feldespato y de líticos y materia orgánica.

Accesorios:

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración y no existe en gran abundancia sustituyendo a cristales de aproximadamente .5 mm.

Cuarzo: en general los granos de cuarzo presentan extinción ondulante, su granulometría se encuentran en un rango de tamaño entre .1 y .3 mm, con bordes angulosos y en general de geometría irregular.

Feldespato: De proporción isométrica, cuadrangulares a rectangulares.

Líticos: en abundancia muy escasa y solo se encuentran metamórficos.

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Porcentaje: Cuarzo: 70%

Feldespato: 26%

Líticos: 4%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

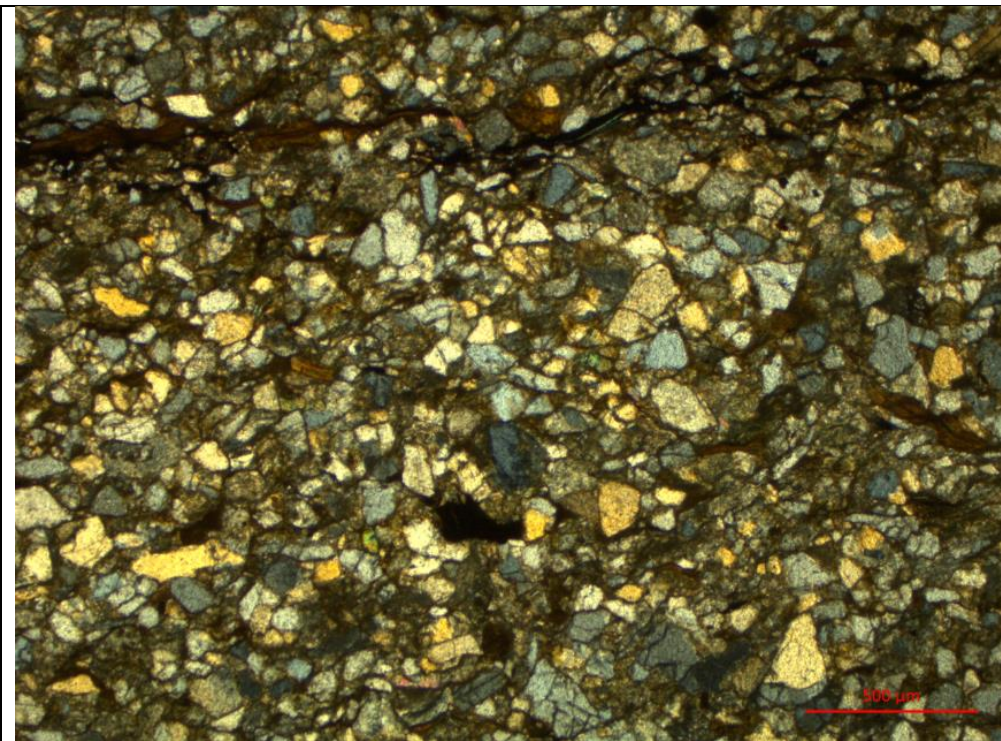


Foto de lámina delgada de muestra Tej-05

Muestra Tej-06

Descripción: presenta Granulometría que oscila alrededor de .1 mm se presenta con buena selección, soportada por granos, con un porcentaje muy bajo de matriz, en general la principal componente es cuarzo, aunque contiene cantidades subordinadas de feldespato y de líticos, en algunas partes se encuentra acumulación de materia orgánica

Accesorios:

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada, comúnmente asociados a cuarzo policristalino

Cuarzo: en general los granos de cuarzo presentan extinción ondulante, su granulometría se encuentran en un rango de tamaño entre .1 y .3 mm, con bordes angulosos y en general de geometría irregular.

Feldespato: De proporción isométrica, cuadrangulares a rectangulares

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1 mm

Porcentaje: Cuarzo: 66%

Feldespato: 20%

Líticos: 4%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

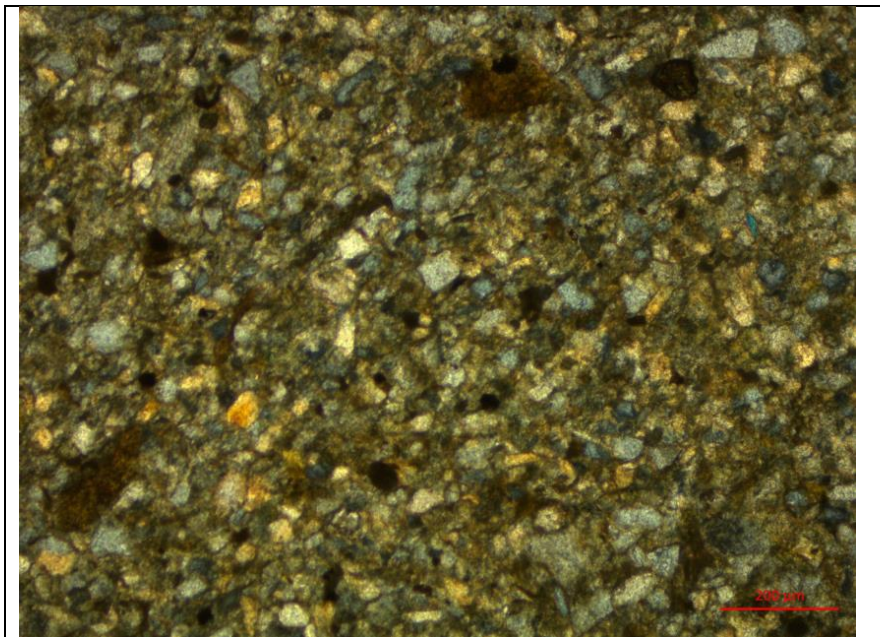


Foto de lámina delgada de muestra Tej-06

Muestra Tej-07

Descripción: presenta Granulometría que oscila alrededor de .05mm se presenta con buena selección, soportada por matriz, los granos corresponden con cuarzo que presenta extinción ondulada, con contenido de materia orgánica

Clasificación lodolita

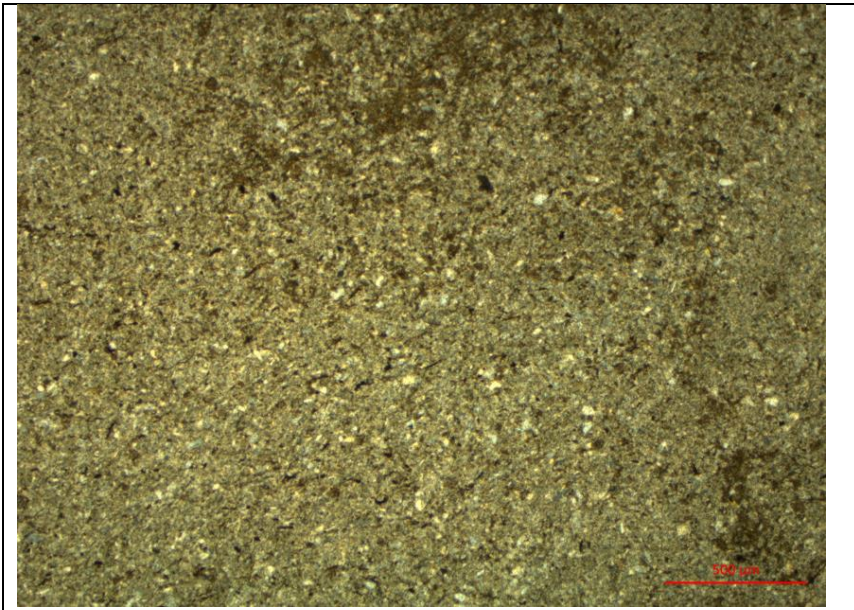


Foto de lámina delgada de muestra Tej-07

Muestra Tej-08

Descripción: presenta granulometría que oscila alrededor de .4mm se presenta con buena selección, soportada por granos, con un porcentaje muy bajo de matriz, en general la principal componente es cuarzo, aunque contiene cantidades subordinadas de feldespato y de líticos, en algunas partes se encuentra acumulación de materia orgánica

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia anguloso y tamaño aproximado a 1 mm.

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración y no existe en gran abundancia.

Cuarzo: en general los granos de cuarzo presentan extinción ondulante, su granulometría se encuentran en un rango de tamaño entre .1 y .3 mm, con bordes angulosos y en general de geometría irregular.

Feldespato: De proporción isométrica a alargados, en algunos casos geometrías caóticas.

Líticos: se encuentran líticos metamórficos e ígneos, los granos metamórficos en general se encuentran redondeados compuestos por cuarzo y minerales micáceos, mientras que los líticos ígneos presentan textura extrusiva redondeados de composición máfica y menor tamaño que los metamórficos.

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Porcentaje: Cuarzo: 63%

Feldespato: 31%

Líticos: 6%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

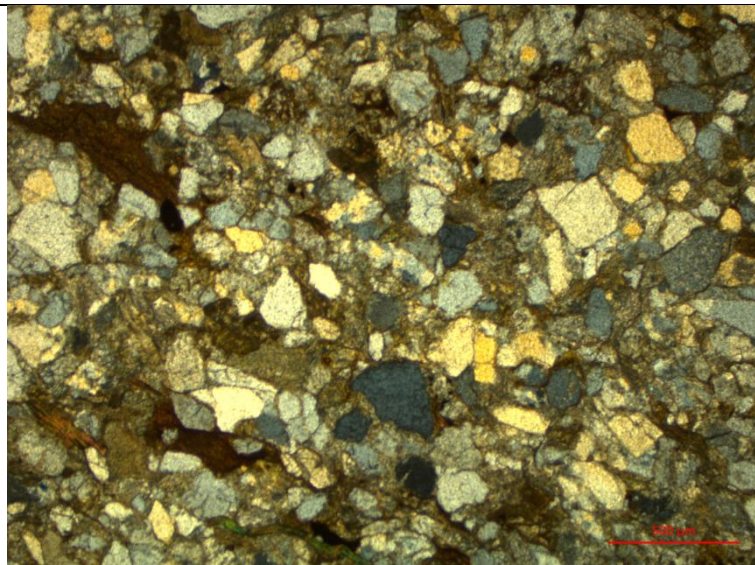


Foto de lámina delgada de muestra Tej-08

Muestra Tej-09

Descripción: presenta Granulometría que oscila alrededor de .1mm se presenta con buena selección, soportada por granos, con un porcentaje muy bajo de matriz, en general la principal componente es cuarzo, aunque contiene cantidades subordinadas de feldespato y de líticos, en algunas partes se encuentra acumulación de materia orgánica

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino: se encuentra en muy baja abundancia anguloso y tamaño aproximado a 1 mm.

Muscovita, biotita: estos minerales se presentan en porcentajes muy bajos, presentan extinción ondulada

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración

Cuarzo: en general los granos de cuarzo presentan extinción ondulante, su granulometría se encuentran en un rango de tamaño entre .1 y .3 mm, con bordes angulosos y en general de geometría irregular.

Feldespato: De proporción isométrica, cuadrangulares a rectangulares

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Cuarzo: 66%

Feldespato: 24%

Líticos: 10%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

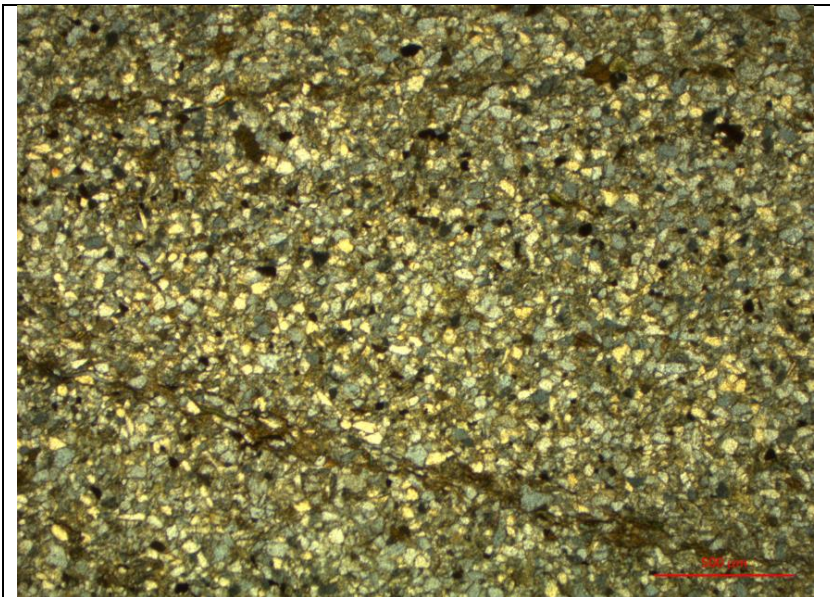


Foto de lámina delgada de muestra Tej-09

Muestra AM-06

Clasificación: **Mal clasificada o seleccionada**

Mineralogía:

Cuarzo policristalino y monocristalino: la principal componente es cuarzo el cual presenta extinción ondulada, tanto el policristalino como el monocristalino, el cuarzo policristalino presenta variaciones en los tamaños de los cristales contenidos en el grano y en las suturas entre esto, en algunas ocasiones los contactos se presentan con suturas más pronunciadas, migraciones de borde de grano. En general los cristales monocristalinos se encuentran subredondeados a angulosos con geometrías equidimensionales, mientras que los fragmentos policristalinos en especial los cristales de menor tamaño tienen una geometría tabular.

Feldespatos potásicos: estos cristales se encuentran en proporciones moderadas respecto al cuarzo, en cristales de tamaño entre 1 mm y .5 mm

Calcita: tiene abundancia considerable, con relaciones texturales de corte

Accesorios:

Feldespatos calcoalcalinos, muscovita, biotita y Clorita

El tamaño de las componentes tiene una variación entre 4 mm y .2 mm, se encuentra soportada por granos.

Porcentaje Cuarzo: 68%

 Feldespatos: 23%

 Líticos: 9%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

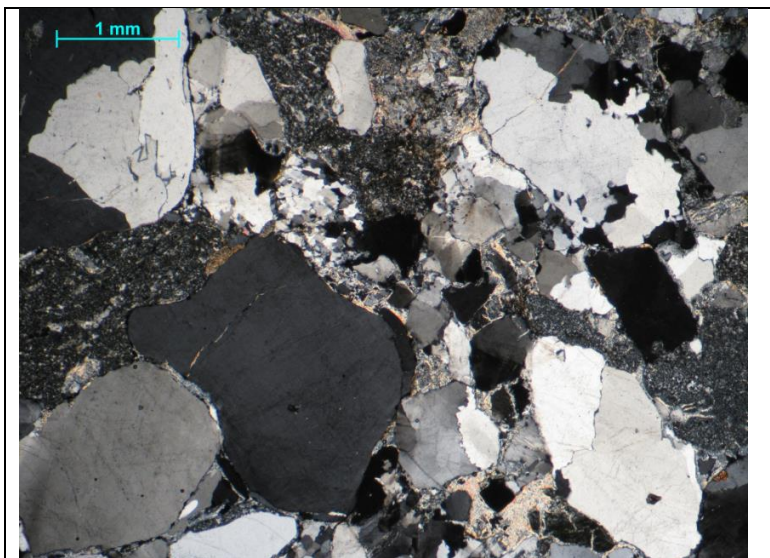


Foto de lámina delgada de muestra AM-06

Muestra AM-06-1

Soportada por granos con 25% de Matriz, componentes entre .2 mm y .05, medianamente clasificado, granos de cuarzo, feldespato, líticos.

Arenisca fina

Accesorios:

Muscovita, biotita

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Cuarzo: 78%

Feldespato: 29%

Líticos: 3%

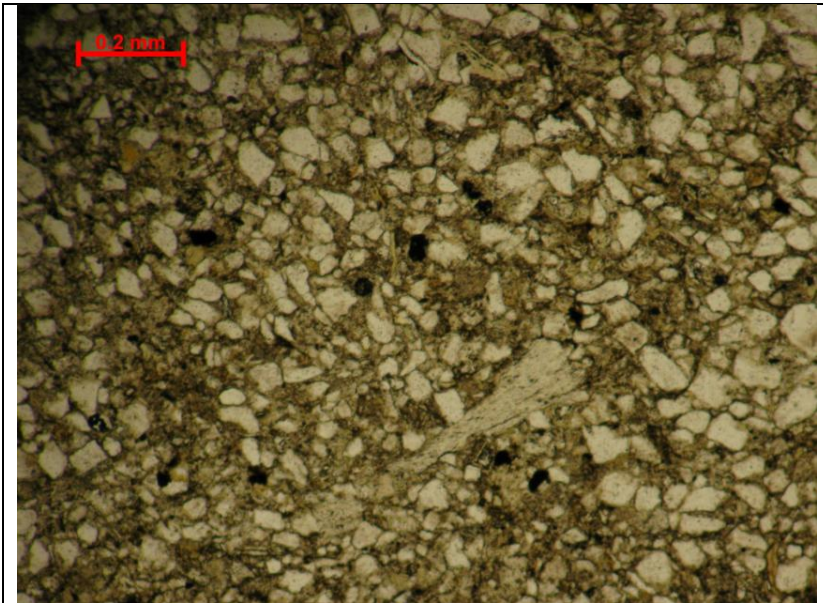


Foto de lámina delgada de muestra AM-06-1

Muestra AM-06-2

Clasificación: **Mal clasificada o seleccionada**

Mineralogía:

Cuarzo policristalino y monocristalino: la principal componente es cuarzo el cual presenta extinción ondulada, tanto el policristalino como el monocristalino, el cuarzo policristalino presenta variaciones en los tamaños de los cristales contenidos en el grano y en las suturas entre esto, en algunas ocasiones los contactos se presentan con suturas más pronunciadas, migraciones de borde de grano. En general los cristales monocristalinos se encuentran subredondeados a angulosos con geometrías equidimensionales, mientras que los fragmentos policristalinos en especial los cristales de menor tamaño tienen una geometría tabular.

Feldespatos potásicos: estos cristales se encuentran en proporciones moderadas respecto al cuarzo, en cristales de tamaño entre 1 mm y .5 mm

Calcita: tiene abundancia considerable, con relaciones texturales de corte

Accesorios:

Feldespatos calcoalcalinos, muscovita, biotita y Clorita.

El tamaño de las componentes tiene una variación entre 4 mm y .2 mm, se encuentra soportada por granos.

Porcentaje Cuarzo: 74%

 Feldespatos: 14%

 Líticos: 12%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespatolítica

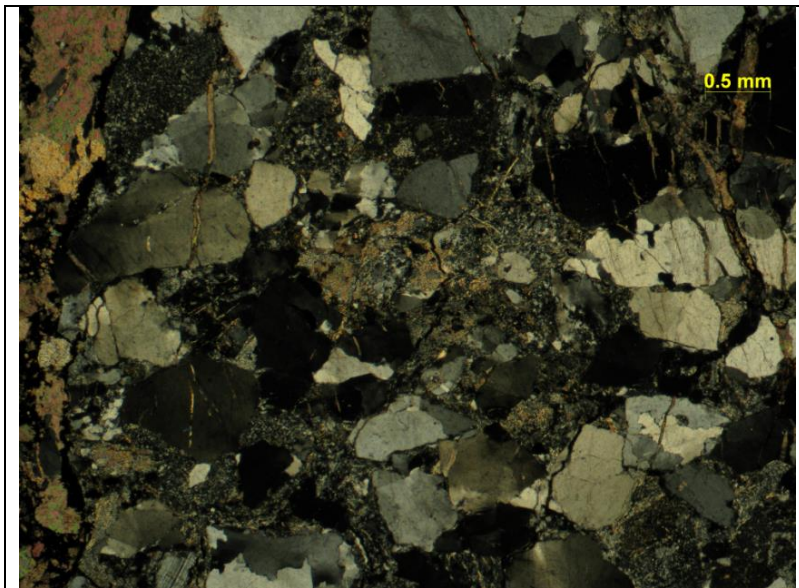


Foto de lámina delgada de muestra AM-06-2

Muestra AM-06-3

Descripción: la granulometría de esta muestra se encuentra en el rango de arenas gruesas, se encuentra soportada por granos, presenta mala selección, la principal componente es cuarzo con extinción ondulada.

Cuarzo: es la principal componente se presenta con formas alargadas a isométricas, con extinción ondulada, y generalmente anguloso

Feldespato, en tamaño se encuentra a la par del cuarzo, con geometrías caóticas, en algunos casos redondeado pero en la mayoría anguloso.

Líticos: se encuentran en menor abundancia y en general son sedimentarios, ígneos, máficos y félsicos y metamórficos, estos últimos en mayor abundancia y tamaño.

Accesorios:

Biotita y Clorita

Porcentaje: Cuarzo: 74%

Feldespato: 19%

Líticos: 7%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

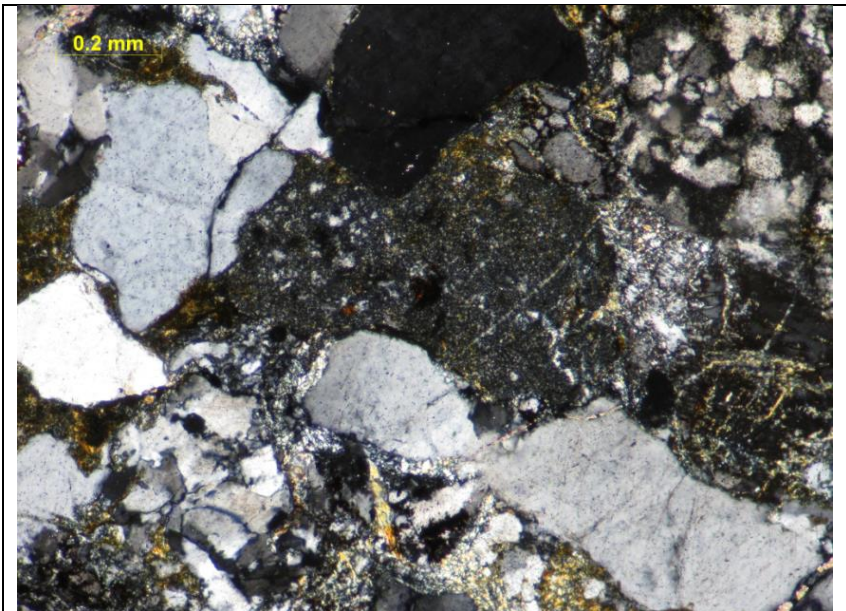


Foto de lámina delgada de muestra AM-06-3

Muestra AM-06-4

Descripción: granulometría varía alrededor de .06 mm, contiene cuarzo feldespatos y líticos, bien seleccionada, los granos en general se presentan con dimensiones equidimensionales, en su mayoría están constituidos por cuarzo, aunque contiene un alto contenido de fragmentos micáceos, soportada por granos, con una cantidad considerable de matriz.

Accesorios:

Clorita: este mineral se encuentra en textura de alteración y no existe en gran abundancia sustituyendo a cristales de aproximadamente .5 mm. También contiene minerales opacos correspondientes con materia orgánica y algunos óxidos.

Conteo de puntos con el objetivo de 10x salto .1mm

Porcentaje: Cuarzo: 82%

Feldespato: 15%

Líticos: 3%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

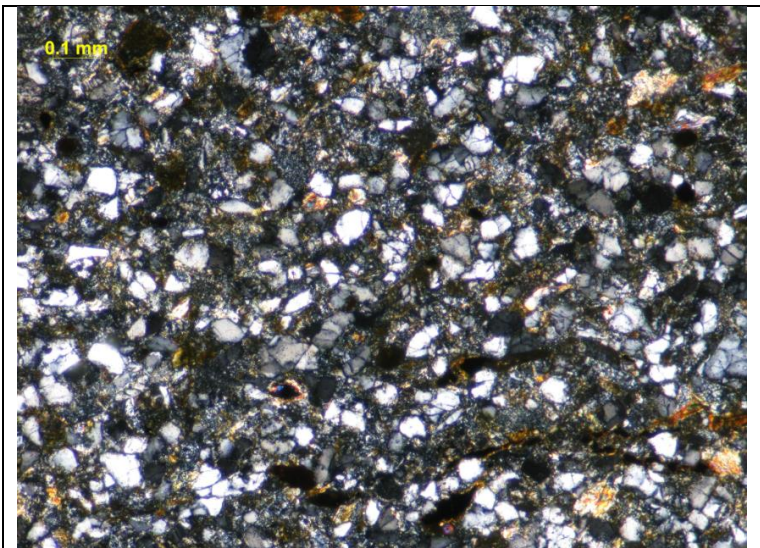


Foto de lámina delgada de muestra AM-06-4

Muestra AM-06-5

Descripción: Se encuentra soportada por granos, la principal componente de los granos es cuarzo aunque también hay granos de feldespato y líticos, de mal a regular selección, en general las componentes se encuentran angulosas, en general la granulometría oscila alrededor de 1 mm en algunos casos son un poco mayor.

Accesorios:

Feldespato calcoalcalino, Muscovita, biotita y Clorita

Cuarzo: se presenta como cuarzo monocristalinos y policristalino, en general presentan los mayores tamaños, con geometrías que van de equidimensionales a alargadas, la mayoría de los fragmentos presentan bordes angulosos, en general presentan extinción ondulada.

Feldespato: se presenta con geometrías tabulares en algunas ocasiones triangulares en general su granulometría oscila alrededor de 0.5 mm, con bordes angulosos.

Líticos: Contiene líticos metamórficos sedimentarios e ígneos, los de mayor tamaño son los metamórficos y los sedimentarios, entre los líticos ígneos se encuentra con textura extrusiva de composición máfica y félsica.

Porcentaje: Cuarzo: 70%

Feldespato: 21%

Líticos: 9%

Clasificación: arenisca cuarzofeldespática

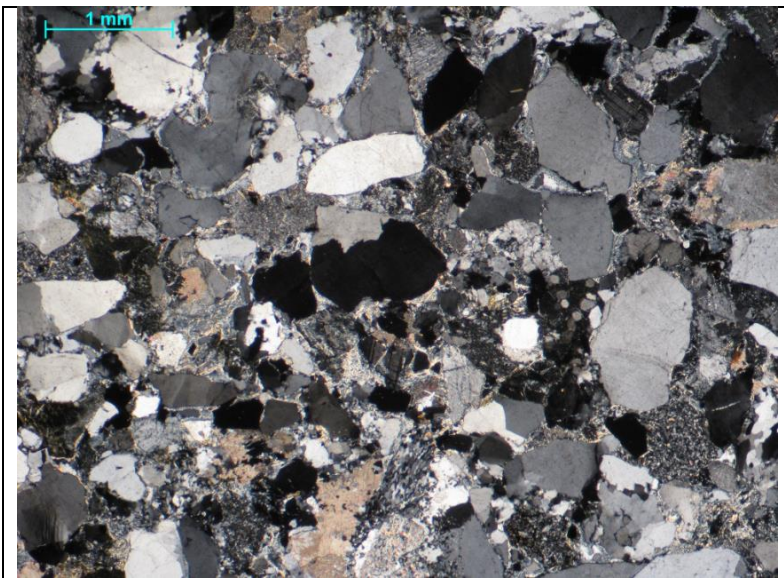


Foto de lámina delgada de muestra AM-06-5

Apéndice III GEOCRONOLOGÍA EN CIRCONES DETRÍTICOS

AM-06	CORRECTED RATIOS ²											CORRECTED AGES (Ma)									
	U (ppm) ¹	Th (ppm) ¹	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ abs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±2σ abs	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	Best age (Ma)	±2σ	Disc %
Zircon_01	271	115	0.42	0.0753	0.0018	1.8790	0.0550	0.1819	0.0031	0.0529	0.0026	0.22	1077.0	17.0	1073.0	19.0	1074.0	48.0	1077.0	17.0	-0.37
Zircon_02	270	67	0.25	0.0809	0.0022	2.1670	0.0920	0.1931	0.0074	0.0480	0.0049	0.48	1138.0	41.0	1170.0	33.0	1222.0	53.0	1138.0	41.0	2.74
Zircon_03	335	50	0.15	0.0745	0.0016	1.9300	0.0610	0.1906	0.0038	0.0567	0.0030	0.36	1124.0	20.0	1093.0	21.0	1051.0	47.0	1124.0	20.0	-2.84
Zircon_04	77	60	0.78	0.0809	0.0025	2.3360	0.0780	0.2067	0.0040	0.0605	0.0029	-0.02	1211.0	21.0	1224.0	25.0	1218.0	58.0	1211.0	21.0	1.06
Zircon_05	310	114	0.37	0.0888	0.0021	2.9280	0.0880	0.2414	0.0049	0.0730	0.0040	0.55	1394.0	25.0	1390.0	23.0	1401.0	44.0	1394.0	25.0	-0.29
Zircon_06	197	62	0.31	0.0754	0.0020	1.8010	0.0720	0.1750	0.0044	0.0500	0.0033	0.37	1039.0	24.0	1045.0	24.0	1074.0	53.0	1039.0	24.0	0.57
Zircon_07	600	99	0.17	0.0762	0.0017	1.9420	0.0530	0.1852	0.0030	0.0528	0.0028	0.36	1095.0	16.0	1095.0	18.0	1098.0	44.0	1095.0	16.0	0.00
Zircon_08	136	95	0.70	0.0524	0.0029	0.3250	0.0170	0.0448	0.0011	0.0152	0.0009	0.05	282.4	6.5	287.0	13.0	310.0	120.0	282.4	6.5	1.60
Zircon_09	115	96	0.83	0.0748	0.0022	1.8230	0.0680	0.1787	0.0034	0.0531	0.0026	0.51	1060.0	19.0	1057.0	24.0	1069.0	58.0	1060.0	19.0	-0.28
Zircon_10	234	45	0.19	0.0755	0.0021	1.8290	0.0790	0.1760	0.0044	0.0540	0.0029	0.68	1045.0	24.0	1053.0	28.0	1085.0	55.0	1045.0	24.0	0.76
Zircon_11	186	46	0.25	0.0846	0.0022	2.6350	0.0780	0.2265	0.0040	0.0672	0.0034	0.13	1316.0	21.0	1310.0	22.0	1300.0	51.0	1316.0	21.0	-0.46
Zircon_12	195	40	0.21	0.0745	0.0021	1.8580	0.0540	0.1815	0.0032	0.0550	0.0028	-0.06	1075.0	17.0	1067.0	20.0	1048.0	55.0	1075.0	17.0	-0.75
Zircon_13	208	68	0.33	0.0741	0.0020	1.8480	0.0550	0.1793	0.0035	0.0599	0.0032	0.33	1063.0	19.0	1062.0	20.0	1048.0	54.0	1063.0	19.0	-0.09
Zircon_14	756	95	0.13	0.0778	0.0017	2.1180	0.0580	0.1976	0.0034	0.0594	0.0028	0.57	1162.0	18.0	1154.0	19.0	1140.0	42.0	1162.0	18.0	-0.69
Zircon_15	782	157	0.20	0.0857	0.0019	2.0100	0.0660	0.1709	0.0037	0.0417	0.0024	0.61	1017.0	20.0	1119.0	24.0	1330.0	44.0	1017.0	20.0	9.12
Zircon_16	70	26	0.37	0.0789	0.0024	2.2670	0.0750	0.2083	0.0037	0.0618	0.0033	0.23	1220.0	20.0	1203.0	24.0	1169.0	58.0	1220.0	20.0	-1.41
Zircon_17	64	28	0.44	0.0841	0.0049	2.2500	0.1600	0.1927	0.0045	0.0597	0.0054	0.32	1136.0	24.0	1198.0	46.0	1340.0	100.0	1136.0	24.0	5.18
Zircon_18	405	160	0.40	0.0792	0.0018	2.1750	0.0610	0.1997	0.0032	0.0587	0.0028	0.20	1174.0	17.0	1173.0	19.0	1178.0	45.0	1174.0	17.0	-0.09
Zircon_19	178	71	0.40	0.0796	0.0022	2.2210	0.0680	0.2008	0.0035	0.0596	0.0030	0.22	1179.0	19.0	1189.0	21.0	1181.0	53.0	1179.0	19.0	0.84
Zircon_20	514	206	0.40	0.0792	0.0017	2.1750	0.0640	0.1999	0.0036	0.0585	0.0028	0.28	1175.0	19.0	1173.0	21.0	1176.0	46.0	1175.0	19.0	-0.17
Zircon_21	24	16	0.67	0.1129	0.0060	3.3100	0.1700	0.2103	0.0070	0.0836	0.0060	-0.08	1230.0	37.0	1477.0	39.0	1830.0	100.0	1830.0	100.0	16.72
Zircon_22	355	176	0.50	0.0506	0.0021	0.2890	0.0120	0.0413	0.0007	0.0125	0.0007	-0.25	261.2	4.4	258.5	9.2	210.0	90.0	261.2	4.4	-1.04
Zircon_23	725	229	0.32	0.0846	0.0019	1.9270	0.0750	0.1651	0.0055	0.0456	0.0034	0.79	985.0	30.0	1090.0	25.0	1304.0	46.0	985.0	30.0	9.63
Zircon_24	505	126	0.25	0.0770	0.0018	1.8800	0.0640	0.1784	0.0040	0.0469	0.0028	0.22	1058.0	22.0	1074.0	21.0	1119.0	46.0	1058.0	22.0	1.49

Zircon_25	41	19	0.46	0.0536	0.0056	0.3030	0.0310	0.0417	0.0014	0.0132	0.0013	0.12	263.4	8.8	266.0	23.0	310.0	190.0	263.4	8.8	0.98
Zircon_26	357	146	0.41	0.0826	0.0019	2.4620	0.0850	0.2161	0.0057	0.0447	0.0022	0.79	1261.0	31.0	1260.0	27.0	1255.0	44.0	1261.0	31.0	-0.08
Zircon_27	599	68	0.11	0.0739	0.0019	1.7130	0.0680	0.1680	0.0040	0.0404	0.0055	0.58	1001.0	22.0	1018.0	25.0	1035.0	49.0	1001.0	22.0	1.67
Zircon_28	168	63	0.38	0.0797	0.0020	2.2920	0.0710	0.2070	0.0036	0.0624	0.0031	0.40	1213.0	19.0	1211.0	21.0	1185.0	50.0	1213.0	19.0	-0.17
Zircon_29	71	24	0.34	0.0781	0.0025	2.1230	0.0760	0.1955	0.0036	0.0602	0.0034	0.05	1151.0	19.0	1154.0	24.0	1147.0	65.0	1151.0	19.0	0.26
Zircon_30	279	77	0.28	0.0525	0.0035	0.2960	0.0200	0.0410	0.0009	0.0141	0.0011	-0.35	258.8	5.4	263.0	15.0	320.0	130.0	258.8	5.4	1.60
Zircon_31	1069	346	0.32	0.0777	0.0021	2.1140	0.0710	0.1978	0.0037	0.0576	0.0031	0.53	1163.0	20.0	1153.0	22.0	1137.0	51.0	1163.0	20.0	-0.87
Zircon_32	255	57	0.22	0.0775	0.0020	2.1060	0.0630	0.1965	0.0033	0.0599	0.0032	0.48	1156.0	18.0	1150.0	21.0	1136.0	50.0	1156.0	18.0	-0.52
Zircon_33	122	0	0.00	0.0723	0.0021	1.8510	0.0650	0.1840	0.0038	0.1440	0.0370	0.28	1088.0	21.0	1063.0	23.0	1009.0	61.0	1088.0	21.0	-2.35
Zircon_34	227	87	0.38	0.0782	0.0019	2.1970	0.0630	0.2032	0.0035	0.0602	0.0030	0.14	1192.0	19.0	1180.0	20.0	1159.0	52.0	1192.0	19.0	-1.02
Zircon_35	52	45	0.87	0.0752	0.0030	1.8890	0.0870	0.1820	0.0051	0.0545	0.0033	0.15	1077.0	28.0	1074.0	28.0	1067.0	83.0	1077.0	28.0	-0.28
Zircon_36	1424	79	0.06	0.0789	0.0016	2.1570	0.0610	0.1986	0.0035	0.0607	0.0031	0.24	1168.0	19.0	1167.0	19.0	1168.0	41.0	1168.0	19.0	-0.09
Zircon_37	455	103	0.23	0.0753	0.0017	1.8310	0.0510	0.1764	0.0028	0.0520	0.0026	0.06	1047.0	15.0	1058.0	18.0	1072.0	44.0	1047.0	15.0	1.04
Zircon_38	184	53	0.29	0.0789	0.0023	2.0770	0.0700	0.1895	0.0033	0.0527	0.0028	0.24	1119.0	18.0	1140.0	23.0	1161.0	58.0	1119.0	18.0	1.84
Zircon_39	120	32	0.27	0.0813	0.0022	1.9130	0.0620	0.1699	0.0042	0.0587	0.0033	0.63	1011.0	23.0	1085.0	21.0	1225.0	49.0	1011.0	23.0	6.82
Zircon_40	634	636	1.00	0.0749	0.0019	1.6600	0.0820	0.1633	0.0084	0.0490	0.0027	0.31	975.0	48.0	993.0	37.0	1063.0	50.0	975.0	48.0	1.81
Zircon_41	14	6	0.43	0.0844	0.0054	2.3600	0.1600	0.2030	0.0058	0.0649	0.0050	0.19	1191.0	31.0	1240.0	43.0	1270.0	120.0	1191.0	31.0	3.95
Zircon_42	129	58	0.45	0.0782	0.0021	2.1720	0.0690	0.1971	0.0037	0.0542	0.0027	0.12	1159.0	20.0	1171.0	22.0	1174.0	51.0	1159.0	20.0	1.02
Zircon_43	365	102	0.28	0.0764	0.0018	1.8390	0.0530	0.1755	0.0028	0.0541	0.0026	0.19	1042.0	15.0	1060.0	18.0	1102.0	48.0	1042.0	15.0	1.70
Zircon_44	40	11	0.28	0.0823	0.0033	2.5200	0.1100	0.2266	0.0052	0.0694	0.0043	0.10	1316.0	27.0	1280.0	31.0	1232.0	83.0	1316.0	27.0	-2.81
Zircon_45	23	9	0.39	0.0685	0.0087	0.4060	0.0530	0.0428	0.0018	0.0204	0.0023	-0.25	270.0	11.0	338.0	37.0	780.0	250.0	270.0	11.0	20.12
Zircon_46	84	37	0.44	0.0815	0.0035	1.1710	0.0500	0.1020	0.0039	0.0290	0.0021	0.01	626.0	23.0	785.0	23.0	1261.0	95.0	626.0	23.0	20.25
Zircon_47	54	14	0.26	0.0800	0.0033	2.3240	0.0940	0.2094	0.0042	0.0645	0.0041	-0.11	1226.0	22.0	1217.0	29.0	1178.0	79.0	1226.0	22.0	-0.74
Zircon_48	1661	768	0.46	0.0811	0.0027	1.7970	0.0580	0.1603	0.0050	0.0459	0.0047	0.68	959.0	28.0	1044.0	21.0	1221.0	61.0	959.0	28.0	8.14
Zircon_49	106	36	0.34	0.0808	0.0027	2.1100	0.0790	0.1889	0.0034	0.0576	0.0032	0.15	1115.0	19.0	1153.0	25.0	1223.0	62.0	1115.0	19.0	3.30
Zircon_50	33	9	0.27	0.0738	0.0036	1.7490	0.0790	0.1759	0.0041	0.0537	0.0036	0.12	1044.0	23.0	1034.0	33.0	1020.0	100.0	1044.0	23.0	-0.97
Zircon_51	153	39	0.25	0.0722	0.0021	1.6620	0.0600	0.1668	0.0037	0.0523	0.0031	0.02	995.0	20.0	994.0	22.0	994.0	57.0	995.0	20.0	-0.10

Zircon_52	337	22	0.07	0.0786	0.0019	2.2540	0.0670	0.2074	0.0035	0.0653	0.0039	0.19	1215.0	19.0	1198.0	21.0	1160.0	47.0	1215.0	19.0	-1.42
Zircon_53	57	47	0.82	0.0796	0.0047	1.7530	0.0920	0.1581	0.0038	0.0475	0.0025	0.08	946.0	21.0	1030.0	35.0	1190.0	110.0	946.0	21.0	8.16
Zircon_54	110	112	1.02	0.0959	0.0027	3.9100	0.1300	0.2949	0.0057	0.0859	0.0045	0.30	1666.0	28.0	1615.0	26.0	1551.0	51.0	1551.0	51.0	-3.16
Zircon_55	110	20	0.18	0.0803	0.0022	2.5230	0.0820	0.2264	0.0043	0.0742	0.0041	0.44	1315.0	22.0	1277.0	23.0	1206.0	54.0	1315.0	22.0	-2.98
Zircon_56	132	98	0.74	0.0790	0.0023	2.1960	0.0710	0.2010	0.0034	0.0606	0.0030	0.11	1180.0	18.0	1181.0	24.0	1181.0	59.0	1180.0	18.0	0.08
Zircon_57	249	77	0.31	0.0858	0.0019	2.7750	0.0780	0.2342	0.0043	0.0668	0.0033	0.52	1356.0	22.0	1348.0	21.0	1330.0	44.0	1356.0	22.0	-0.59
Zircon_58	179	64	0.36	0.0714	0.0019	1.6990	0.0560	0.1719	0.0030	0.0507	0.0026	0.35	1023.0	17.0	1007.0	21.0	969.0	57.0	1023.0	17.0	-1.59
Zircon_59	645	150	0.23	0.0940	0.0024	2.6990	0.0830	0.2068	0.0034	0.0622	0.0055	0.34	1212.0	18.0	1327.0	23.0	1514.0	50.0	1212.0	18.0	8.67
Zircon_60	112	112	1.00	0.0725	0.0024	1.5760	0.0580	0.1575	0.0032	0.0473	0.0023	0.18	943.0	18.0	959.0	23.0	996.0	68.0	943.0	18.0	1.67
Zircon_61	1112	188	0.17	0.0805	0.0017	1.8410	0.0640	0.1652	0.0034	0.0601	0.0032	0.74	986.0	19.0	1060.0	22.0	1208.0	42.0	986.0	19.0	6.98
Zircon_62	279	148	0.53	0.0783	0.0019	2.1680	0.0620	0.2013	0.0033	0.0604	0.0029	0.22	1182.0	18.0	1172.0	20.0	1151.0	49.0	1182.0	18.0	-0.85
Zircon_63	633	330	0.52	0.0786	0.0020	1.9930	0.0580	0.1836	0.0034	0.0536	0.0026	0.46	1087.0	19.0	1113.0	20.0	1159.0	52.0	1087.0	19.0	2.34
Zircon_64	635	196	0.31	0.0785	0.0017	2.1300	0.0580	0.1965	0.0031	0.0566	0.0027	0.07	1156.0	17.0	1158.0	19.0	1160.0	46.0	1156.0	17.0	0.17
Zircon_65	137	43	0.31	0.0793	0.0021	2.2140	0.0680	0.2022	0.0036	0.0620	0.0032	0.28	1187.0	19.0	1185.0	21.0	1178.0	51.0	1187.0	19.0	-0.17
Zircon_66	230	48	0.21	0.0845	0.0021	2.7960	0.0830	0.2384	0.0040	0.0737	0.0038	0.20	1378.0	21.0	1354.0	22.0	1300.0	48.0	1378.0	21.0	-1.77
Zircon_67	351	34	0.10	0.0777	0.0018	2.1300	0.0630	0.1974	0.0034	0.0589	0.0032	0.35	1161.0	18.0	1158.0	21.0	1147.0	43.0	1161.0	18.0	-0.26
Zircon_68	1665	157	0.09	0.0789	0.0018	1.8950	0.0640	0.1752	0.0051	0.0387	0.0015	0.77	1041.0	29.0	1079.0	24.0	1168.0	45.0	1041.0	29.0	3.52
Zircon_69	276	72	0.26	0.0801	0.0021	2.3700	0.1200	0.2124	0.0079	0.0653	0.0034	0.58	1241.0	42.0	1231.0	35.0	1195.0	50.0	1241.0	42.0	-0.81
Zircon_70	150	51	0.34	0.0818	0.0023	2.4910	0.0830	0.2226	0.0039	0.0676	0.0036	0.17	1295.0	20.0	1271.0	23.0	1239.0	58.0	1295.0	20.0	-1.89
Zircon_71	230	58	0.25	0.0782	0.0021	2.1370	0.0670	0.1983	0.0032	0.0589	0.0030	0.01	1166.0	17.0	1160.0	22.0	1151.0	55.0	1166.0	17.0	-0.52
Zircon_72	41	23	0.56	0.0849	0.0031	2.7500	0.1100	0.2342	0.0051	0.0716	0.0039	0.21	1356.0	27.0	1342.0	32.0	1309.0	74.0	1356.0	27.0	-1.04
Zircon_73	118	27	0.23	0.0817	0.0021	2.3750	0.0760	0.2123	0.0039	0.0595	0.0032	0.31	1241.0	21.0	1236.0	23.0	1232.0	51.0	1241.0	21.0	-0.40
Zircon_74	276	79	0.29	0.0791	0.0018	2.1970	0.0620	0.2013	0.0034	0.0594	0.0030	0.51	1182.0	18.0	1180.0	20.0	1172.0	44.0	1182.0	18.0	-0.17
Zircon_75	60	31	0.52	0.0545	0.0058	0.3190	0.0330	0.0426	0.0012	0.0155	0.0012	-0.29	268.8	7.6	288.0	25.0	370.0	220.0	268.8	7.6	6.67
Zircon_76	201	42	0.21	0.0799	0.0022	2.4930	0.0870	0.2268	0.0042	0.0641	0.0034	0.61	1318.0	22.0	1268.0	26.0	1187.0	56.0	1318.0	22.0	-3.94
Zircon_77	161	59	0.37	0.0779	0.0023	2.1950	0.0700	0.2036	0.0037	0.0597	0.0030	0.13	1194.0	20.0	1178.0	22.0	1143.0	56.0	1194.0	20.0	-1.36
Zircon_78	87	43	0.49	0.1021	0.0098	3.7000	0.4400	0.2603	0.0055	0.0930	0.0230	1.00	1491.0	28.0	1548.0	55.0	1608.0	99.0	1608.0	99.0	3.68

Zircon_79	521	131	0.25	0.0847	0.0019	2.5970	0.0830	0.2222	0.0048	0.0711	0.0034	0.58	1293.0	25.0	1299.0	21.0	1306.0	44.0	1293.0	25.0	0.46
Zircon_80	290	106	0.37	0.0778	0.0019	2.3910	0.0710	0.2226	0.0039	0.0589	0.0029	0.38	1296.0	21.0	1239.0	21.0	1142.0	46.0	1296.0	21.0	-4.60
Zircon_81	203	70	0.34	0.0778	0.0018	2.2080	0.0670	0.2044	0.0038	0.0598	0.0030	0.52	1199.0	20.0	1183.0	21.0	1137.0	47.0	1199.0	20.0	-1.35
Zircon_82	225	84	0.37	0.0829	0.0021	2.6330	0.0790	0.2286	0.0040	0.0683	0.0034	0.24	1327.0	21.0	1309.0	22.0	1266.0	52.0	1327.0	21.0	-1.38
Zircon_83	1601	169	0.11	0.0706	0.0016	1.0490	0.0400	0.1081	0.0026	0.0462	0.0026	0.51	662.0	15.0	728.0	19.0	943.0	46.0	662.0	15.0	9.07
Zircon_84	237	101	0.43	0.0825	0.0022	2.5100	0.0880	0.2201	0.0048	0.0661	0.0035	0.45	1282.0	25.0	1274.0	23.0	1255.0	52.0	1282.0	25.0	-0.63
Zircon_85	117	46	0.39	0.0708	0.0021	1.6560	0.0580	0.1694	0.0031	0.0517	0.0028	0.39	1009.0	17.0	996.0	22.0	944.0	61.0	1009.0	17.0	-1.31
Zircon_86	345	108	0.31	0.0895	0.0022	3.2000	0.1000	0.2578	0.0057	0.0704	0.0038	0.10	1478.0	30.0	1457.0	25.0	1412.0	50.0	1412.0	50.0	-1.44
Zircon_87	231	54	0.23	0.0786	0.0051	2.1900	0.1200	0.2040	0.0130	0.0419	0.0042	0.52	1195.0	74.0	1175.0	42.0	1158.0	85.0	1195.0	74.0	-1.70
Zircon_88	122	68	0.56	0.0896	0.0024	3.0900	0.1000	0.2487	0.0046	0.0820	0.0042	0.43	1432.0	24.0	1428.0	25.0	1416.0	50.0	1416.0	50.0	-0.28
Zircon_89	142	33	0.23	0.0722	0.0022	1.7310	0.0580	0.1735	0.0031	0.0544	0.0032	0.11	1031.0	17.0	1021.0	22.0	983.0	61.0	1031.0	17.0	-0.98
Zircon_90	467	114	0.24	0.0730	0.0018	1.7950	0.0560	0.1788	0.0032	0.0553	0.0028	0.59	1060.0	17.0	1045.0	20.0	1010.0	49.0	1060.0	17.0	-1.44
Zircon_91	154	24	0.16	0.0760	0.0027	1.8500	0.1500	0.1795	0.0078	0.0577	0.0036	0.55	1064.0	42.0	1062.0	44.0	1091.0	64.0	1064.0	42.0	-0.19
Zircon_92	333	142	0.43	0.0750	0.0021	1.7330	0.0610	0.1666	0.0038	0.0494	0.0027	0.50	993.0	21.0	1020.0	24.0	1062.0	61.0	993.0	21.0	2.65
Zircon_93	82	46	0.56	0.0793	0.0028	2.2380	0.0770	0.2040	0.0038	0.0606	0.0033	-0.13	1197.0	20.0	1191.0	24.0	1176.0	68.0	1197.0	20.0	-0.50
Zircon_94	109	20	0.18	0.0728	0.0027	1.7320	0.0650	0.1707	0.0032	0.0514	0.0033	0.02	1016.0	17.0	1022.0	23.0	1002.0	72.0	1016.0	17.0	0.59
Zircon_95	657	97	0.15	0.0720	0.0016	1.7760	0.0580	0.1776	0.0043	0.0503	0.0027	0.31	1054.0	23.0	1036.0	22.0	982.0	48.0	1054.0	23.0	-1.74
Zircon_96	538	179	0.33	0.0729	0.0061	1.6590	0.0760	0.1634	0.0046	0.0503	0.0042	-0.03	975.0	26.0	992.0	27.0	1023.0	56.0	975.0	26.0	1.71
Zircon_97	420	178	0.42	0.0912	0.0021	3.1670	0.0850	0.2521	0.0041	0.0705	0.0033	0.26	1449.0	21.0	1450.0	19.0	1448.0	43.0	1448.0	43.0	0.07
Zircon_98	178	86	0.48	0.1008	0.0025	4.0000	0.1200	0.2882	0.0047	0.0832	0.0041	0.13	1632.0	24.0	1634.0	23.0	1640.0	46.0	1640.0	46.0	0.12
Zircon_99	658	17	0.03	0.0800	0.0019	2.1960	0.0650	0.2007	0.0036	0.0724	0.0044	0.30	1179.0	19.0	1181.0	21.0	1193.0	49.0	1179.0	19.0	0.17
Zircon100	847	392	0.46	0.0756	0.0017	2.0360	0.0550	0.1951	0.0030	0.0572	0.0027	0.14	1149.0	16.0	1127.0	18.0	1082.0	45.0	1149.0	16.0	-1.95

_AM-09	U (ppm) ¹	Th (ppm) ¹	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ abs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±2σ abs	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	Best age (Ma)	±2σ	Disc %
Zircon_01	204	94	0.46	0.0798	0.0030	2.8020	0.0680	0.2368	0.0048	0.0701	0.0036	-0.13	1370.0	25.0	1355.0	18.0	1185.0	75.0	1370.0	25.0	-1.11
Zircon_02	222	83	0.37	0.0718	0.0027	1.9220	0.0540	0.1800	0.0036	0.0578	0.0032	0.48	1067.0	20.0	1088.0	19.0	975.0	75.0	1067.0	20.0	1.93

Zircon_03	85	25	0.29	0.0725	0.0034	2.1820	0.0780	0.2041	0.0044	0.0604	0.0038	-0.02	1197.0	24.0	1173.0	25.0	1002.0	95.0	1197.0	24.0	-2.05
Zircon_04	468	442	0.94	0.0715	0.0025	1.9880	0.0450	0.1891	0.0035	0.0570	0.0028	0.08	1116.0	19.0	1111.0	15.0	974.0	74.0	1116.0	19.0	-0.45
Zircon_05	59	15	0.25	0.0684	0.0034	1.6440	0.0720	0.1644	0.0042	0.0512	0.0039	0.11	981.0	23.0	988.0	29.0	880.0	110.0	981.0	23.0	0.71
Zircon_06	672	187	0.28	0.0767	0.0026	2.2630	0.0590	0.2052	0.0041	0.0612	0.0032	0.72	1203.0	22.0	1200.0	18.0	1113.0	67.0	1203.0	22.0	-0.25
Zircon_07	297	304	1.02	0.0710	0.0029	1.6550	0.0500	0.1651	0.0035	0.0517	0.0031	0.03	985.0	19.0	990.0	19.0	956.0	81.0	985.0	19.0	0.51
Zircon_08	544	35	0.06	0.0761	0.0030	1.8000	0.1000	0.1703	0.0058	0.0613	0.0042	0.23	1014.0	31.0	1046.0	32.0	1096.0	73.0	1014.0	31.0	3.06
Zircon_09	111	40	0.36	0.0854	0.0035	2.6580	0.0940	0.2239	0.0054	0.0652	0.0037	0.51	1302.0	28.0	1314.0	27.0	1331.0	78.0	1302.0	28.0	0.91
Zircon_10	163	79	0.48	0.0913	0.0035	3.0790	0.0910	0.2440	0.0048	0.0727	0.0038	0.30	1407.0	25.0	1426.0	23.0	1459.0	73.0	1459.0	73.0	1.33
Zircon_11	110	37	0.34	0.0774	0.0030	2.2040	0.0640	0.2044	0.0042	0.0611	0.0034	0.32	1199.0	23.0	1181.0	20.0	1131.0	80.0	1199.0	23.0	-1.52
Zircon_12	214	56	0.26	0.0841	0.0031	2.6640	0.0720	0.2304	0.0046	0.0701	0.0038	0.37	1336.0	24.0	1317.0	20.0	1295.0	71.0	1336.0	24.0	-1.44
Zircon_13	159	67	0.42	0.0499	0.0037	0.2210	0.0150	0.0319	0.0008	0.0101	0.0007	-0.09	202.2	5.1	202.0	12.0	210.0	160.0	202.2	5.1	-0.10
Zircon_14	388	96	0.25	0.0738	0.0028	1.8490	0.0480	0.1821	0.0035	0.0535	0.0029	0.30	1078.0	19.0	1062.0	17.0	1030.0	75.0	1078.0	19.0	-1.51
Zircon_15	74	27	0.36	0.0789	0.0038	2.0520	0.0790	0.1910	0.0043	0.0666	0.0054	0.01	1127.0	23.0	1130.0	26.0	1148.0	98.0	1127.0	23.0	0.27
Zircon_16	234	62	0.26	0.1021	0.0054	2.3100	0.1100	0.1645	0.0031	0.1037	0.0094	-0.10	982.0	17.0	1209.0	33.0	1638.0	96.0	982.0	17.0	18.78
Zircon_17	144	67	0.47	0.0823	0.0032	2.3180	0.0640	0.2059	0.0040	0.0613	0.0032	0.02	1207.0	21.0	1217.0	19.0	1252.0	79.0	1207.0	21.0	0.82
Zircon_18	171	86	0.50	0.0738	0.0028	1.7390	0.0480	0.1720	0.0034	0.0511	0.0027	0.26	1023.0	19.0	1022.0	18.0	1044.0	72.0	1023.0	19.0	-0.10
Zircon_19	244	66	0.27	0.0764	0.0029	1.9080	0.0540	0.1805	0.0036	0.0545	0.0031	0.18	1070.0	20.0	1083.0	19.0	1105.0	74.0	1070.0	20.0	1.20
Zircon_20	317	29	0.09	0.0709	0.0026	1.5730	0.0390	0.1606	0.0030	0.0516	0.0035	0.02	960.0	17.0	959.0	16.0	950.0	75.0	960.0	17.0	-0.10
Zircon_21	199	92	0.46	0.0724	0.0026	1.9000	0.0490	0.1817	0.0038	0.0546	0.0030	0.34	1076.0	21.0	1080.0	17.0	996.0	76.0	1076.0	21.0	0.37
Zircon_22	327	129	0.39	0.0743	0.0027	2.0490	0.0500	0.1923	0.0037	0.0570	0.0030	0.39	1134.0	20.0	1135.0	16.0	1045.0	72.0	1134.0	20.0	0.09
Zircon_23	194	53	0.27	0.0762	0.0028	2.1630	0.0630	0.1998	0.0041	0.0587	0.0033	0.40	1174.0	22.0	1172.0	20.0	1101.0	76.0	1174.0	22.0	-0.17
Zircon_24	853	284	0.33	0.0785	0.0027	1.6800	0.0460	0.1501	0.0035	0.0400	0.0022	0.84	901.0	20.0	1000.0	17.0	1157.0	67.0	901.0	20.0	9.90
Zircon_25	134	57	0.43	0.0735	0.0028	1.9260	0.0550	0.1844	0.0038	0.0549	0.0030	0.44	1091.0	20.0	1089.0	19.0	1037.0	74.0	1091.0	20.0	-0.18
Zircon_26	63	6	0.10	0.0710	0.0034	1.7110	0.0960	0.1702	0.0068	0.0561	0.0042	0.21	1013.0	37.0	1010.0	32.0	968.0	92.0	1013.0	37.0	-0.30
Zircon_27	185	137	0.74	0.0546	0.0041	0.3130	0.0220	0.0416	0.0014	0.0141	0.0012	-0.07	262.6	8.7	278.0	16.0	360.0	150.0	262.6	8.7	5.54
Zircon_28	441	366	0.83	0.0512	0.0023	0.3600	0.0130	0.0497	0.0011	0.0158	0.0009	0.12	312.9	6.8	312.0	9.6	253.0	94.0	312.9	6.8	-0.29
Zircon_29	47	1	0.02	0.0708	0.0042	1.6360	0.0800	0.1637	0.0039	0.0600	0.0130	0.03	977.0	22.0	979.0	31.0	970.0	120.0	977.0	22.0	0.20

Zircon_30	85	41	0.48	0.0832	0.0033	2.4000	0.1000	0.2091	0.0067	0.0566	0.0040	0.59	1223.0	35.0	1239.0	32.0	1289.0	79.0	1223.0	35.0	1.29
Zircon_31	119	35	0.29	0.0745	0.0031	1.9400	0.0640	0.1820	0.0037	0.0551	0.0032	0.28	1078.0	20.0	1093.0	22.0	1044.0	83.0	1078.0	20.0	1.37
Zircon_32	91	25	0.27	0.0712	0.0030	1.7650	0.0560	0.1716	0.0034	0.0538	0.0036	0.16	1021.0	18.0	1034.0	20.0	960.0	88.0	1021.0	18.0	1.26
Zircon_33	102	47	0.46	0.0560	0.0038	0.3960	0.0230	0.0487	0.0012	0.0164	0.0012	0.05	306.8	7.3	341.0	16.0	420.0	150.0	306.8	7.3	10.03
Zircon_34	24	2	0.08	0.0713	0.0042	1.7170	0.0880	0.1672	0.0046	0.0469	0.0079	0.10	996.0	25.0	1015.0	32.0	960.0	120.0	996.0	25.0	1.87
Zircon_35	231	76	0.33	0.0734	0.0027	2.3120	0.0560	0.2111	0.0041	0.0599	0.0032	0.23	1235.0	22.0	1215.0	17.0	1025.0	73.0	1235.0	22.0	-1.65
Zircon_36	62	27	0.44	0.0746	0.0030	2.2620	0.0740	0.2019	0.0046	0.0657	0.0039	0.27	1188.0	25.0	1201.0	24.0	1048.0	81.0	1188.0	25.0	1.08
Zircon_37	42	14	0.33	0.0661	0.0036	1.7420	0.0820	0.1745	0.0040	0.0547	0.0040	0.01	1037.0	22.0	1024.0	31.0	820.0	120.0	1037.0	22.0	-1.27
Zircon_38	203	83	0.41	0.0529	0.0024	0.6400	0.0230	0.0815	0.0020	0.0244	0.0014	0.17	505.0	12.0	501.0	14.0	320.0	100.0	505.0	12.0	-0.80
Zircon_39	196	69	0.35	0.0720	0.0026	1.9730	0.0520	0.1854	0.0037	0.0555	0.0030	0.27	1097.0	20.0	1108.0	17.0	981.0	73.0	1097.0	20.0	0.99
Zircon_40	146	25	0.17	0.0734	0.0030	2.1770	0.0660	0.2029	0.0039	0.0605	0.0036	-0.2	1191.0	21.0	1175.0	21.0	1023.0	81.0	1191.0	21.0	-1.36
Zircon_41	174	38	0.22	0.0830	0.0030	2.3060	0.0610	0.2128	0.0043	0.0627	0.0037	0.33	1244.0	23.0	1213.0	19.0	1264.0	72.0	1244.0	23.0	-2.56
Zircon_42	411	76	0.18	0.0841	0.0029	2.2260	0.0490	0.2035	0.0038	0.0658	0.0036	0.14	1194.0	20.0	1189.0	15.0	1296.0	69.0	1194.0	20.0	-0.42
Zircon_43	56	28	0.50	0.0866	0.0041	2.1730	0.0830	0.1962	0.0042	0.0608	0.0039	0.17	1155.0	23.0	1169.0	26.0	1343.0	88.0	1155.0	23.0	1.20
Zircon_44	557	298	0.54	0.0559	0.0029	0.1931	0.0090	0.0275	0.0006	0.0092	0.0006	0.20	174.6	3.6	179.0	7.4	420.0	110.0	174.6	3.6	2.46
Zircon_45	156	48	0.31	0.1102	0.0039	4.1100	0.1600	0.2925	0.0088	0.0868	0.0047	0.67	1654.0	45.0	1656.0	35.0	1799.0	67.0	1799.0	67.0	0.12
Zircon_46	271	86	0.32	0.0805	0.0041	1.7700	0.1400	0.1736	0.0069	0.0542	0.0038	0.23	1032.0	37.0	1034.0	43.0	1204.0	84.0	1032.0	37.0	0.19
Zircon_47	79	50	0.63	0.0880	0.0038	2.3080	0.0740	0.2068	0.0045	0.0578	0.0032	0.10	1214.0	25.0	1213.0	23.0	1368.0	85.0	1214.0	25.0	-0.08
Zircon_48	544	17	0.03	0.0794	0.0027	1.8140	0.0410	0.1776	0.0034	0.0585	0.0041	0.44	1054.0	18.0	1050.0	15.0	1183.0	66.0	1054.0	18.0	-0.38
Zircon_49	1120	890	0.79	0.0777	0.0025	1.1440	0.0340	0.1134	0.0033	0.0321	0.0017	0.59	692.0	19.0	776.0	16.0	1143.0	68.0	692.0	19.0	10.82
Zircon_50	128	85	0.66	0.0547	0.0035	0.3420	0.0190	0.0473	0.0011	0.0142	0.0010	-1.6	298.0	7.0	297.0	14.0	370.0	140.0	298.0	7.0	-0.34
Zircon_51	33	21	0.64	0.0480	0.0071	0.2710	0.0390	0.0407	0.0019	0.0132	0.0014	0.29	257.0	12.0	253.0	32.0	70.0	270.0	257.0	12.0	-1.58
Zircon_52	546	158	0.29	0.0803	0.0028	2.2630	0.0520	0.1987	0.0038	0.0581	0.0030	0.33	1169.0	20.0	1200.0	16.0	1200.0	68.0	1169.0	20.0	2.58
Zircon_53	290	124	0.43	0.0874	0.0032	2.8880	0.0740	0.2353	0.0045	0.0696	0.0036	0.26	1362.0	23.0	1380.0	19.0	1365.0	70.0	1362.0	23.0	1.30
Zircon_54	116	65	0.56	0.0725	0.0030	1.6710	0.0580	0.1667	0.0033	0.0511	0.0028	0.18	994.0	18.0	996.0	22.0	996.0	82.0	994.0	18.0	0.20
Zircon_55	38	37	0.97	0.0523	0.0076	0.2130	0.0290	0.0303	0.0013	0.0100	0.0009	0.04	192.1	8.0	197.0	23.0	290.0	280.0	192.1	8.0	2.49
Zircon_56	317	73	0.23	0.0749	0.0026	1.8470	0.0450	0.1818	0.0036	0.0525	0.0029	0.35	1077.0	19.0	1062.0	16.0	1061.0	72.0	1077.0	19.0	-1.41

Zircon_57	161	122	0.76	0.0517	0.0039	0.2810	0.0210	0.0408	0.0010	0.0135	0.0009	0.21	257.8	6.3	255.0	16.0	260.0	160.0	257.8	6.3	-1.10
Zircon_58	287	17	0.06	0.0807	0.0030	2.1930	0.0520	0.2021	0.0037	0.0613	0.0041	-16	1187.0	20.0	1178.0	16.0	1209.0	73.0	1187.0	20.0	-0.76
Zircon_59	74	25	0.34	0.0754	0.0036	1.7070	0.0670	0.1688	0.0036	0.0511	0.0030	0.15	1005.0	20.0	1008.0	25.0	1069.0	98.0	1005.0	20.0	0.30
Zircon_60	55	45	0.82	0.0700	0.0210	0.4000	0.1700	0.0456	0.0022	0.0143	0.0042	0.23	287.0	14.0	334.0	89.0	1080.0	320.0	287.0	14.0	14.07
Zircon_61	156	126	0.81	0.0685	0.0029	1.6240	0.0560	0.1621	0.0032	0.0492	0.0025	0.17	969.0	18.0	981.0	21.0	873.0	87.0	969.0	18.0	1.22
Zircon_62	143	32	0.22	0.0481	0.0031	0.3000	0.0180	0.0413	0.0011	0.0135	0.0011	0.01	260.8	6.9	267.0	14.0	150.0	150.0	260.8	6.9	2.32
Zircon_63	114	39	0.34	0.0674	0.0031	1.6620	0.0620	0.1654	0.0034	0.0483	0.0029	0.06	987.0	19.0	992.0	24.0	866.0	91.0	987.0	19.0	0.50
Zircon_64	89	31	0.35	0.0679	0.0029	1.7310	0.0620	0.1719	0.0036	0.0520	0.0033	0.20	1022.0	20.0	1025.0	23.0	862.0	86.0	1022.0	20.0	0.29
Zircon_65	690	55	0.08	0.0727	0.0025	1.9620	0.0820	0.1817	0.0071	0.0447	0.0034	0.96	1075.0	39.0	1099.0	28.0	1002.0	68.0	1075.0	39.0	2.18
Zircon_66	82	24	0.29	0.0786	0.0034	2.7400	0.1000	0.2306	0.0050	0.0685	0.0040	0.30	1337.0	26.0	1337.0	27.0	1148.0	86.0	1337.0	26.0	0.00
Zircon_67	69	45	0.65	0.0500	0.0220	0.2300	0.1400	0.0324	0.0018	0.0111	0.0040	0.19	205.0	11.0	214.0	82.0	110.0	410.0	205.0	11.0	4.21
Zircon_68	226	321	1.42	0.0480	0.0034	0.2080	0.0130	0.0293	0.0007	0.0090	0.0005	-23	186.3	4.4	192.0	11.0	80.0	140.0	186.3	4.4	2.97
Zircon_69	156	71	0.46	0.0739	0.0029	2.2130	0.0610	0.2043	0.0041	0.0605	0.0032	-05	1198.0	22.0	1186.0	20.0	1030.0	80.0	1198.0	22.0	-1.01
Zircon_70	166	54	0.33	0.0813	0.0032	2.4620	0.0680	0.2091	0.0039	0.0644	0.0034	0.24	1224.0	21.0	1260.0	20.0	1223.0	76.0	1224.0	21.0	2.86
Zircon_71	135	76	0.56	0.0779	0.0032	1.8000	0.0540	0.1755	0.0035	0.0525	0.0028	0.18	1042.0	19.0	1044.0	20.0	1142.0	79.0	1042.0	19.0	0.19
Zircon_72	62	26	0.42	0.0742	0.0038	1.5220	0.0720	0.1555	0.0036	0.0485	0.0030	0.34	932.0	20.0	939.0	28.0	1060.0	100.0	932.0	20.0	0.75
Zircon_73	24	37	1.54	0.0829	0.0051	1.9400	0.1000	0.1857	0.0047	0.0533	0.0030	0.28	1101.0	25.0	1099.0	37.0	1240.0	120.0	1101.0	25.0	-0.18
Zircon_74	238	152	0.64	0.0532	0.0030	0.2640	0.0120	0.0382	0.0009	0.0117	0.0006	0.11	241.5	5.4	238.5	9.6	320.0	130.0	241.5	5.4	-1.26
Zircon_75	50	10	0.20	0.0801	0.0039	1.8020	0.0790	0.1684	0.0039	0.0606	0.0051	0.18	1003.0	21.0	1042.0	29.0	1200.0	100.0	1003.0	21.0	3.74
Zircon_76	114	105	0.92	0.0574	0.0044	0.3010	0.0220	0.0404	0.0011	0.0132	0.0008	-19	255.5	6.8	266.0	18.0	500.0	170.0	255.5	6.8	3.95
Zircon_77	148	60	0.41	0.0809	0.0033	2.1540	0.0640	0.2010	0.0039	0.0606	0.0032	0.01	1181.0	21.0	1167.0	20.0	1217.0	78.0	1181.0	21.0	-1.20
Zircon_78	183	109	0.60	0.0529	0.0031	0.2910	0.0140	0.0412	0.0010	0.0132	0.0008	-06	260.5	5.9	259.0	11.0	330.0	130.0	260.5	5.9	-0.58
Zircon_79	53	20	0.38	0.0735	0.0033	1.7050	0.0580	0.1720	0.0041	0.0569	0.0036	0.08	1023.0	22.0	1012.0	23.0	1021.0	96.0	1023.0	22.0	-1.09
Zircon_80	114	50	0.44	0.0508	0.0041	0.2790	0.0210	0.0402	0.0011	0.0126	0.0009	0.00	253.7	6.6	249.0	16.0	230.0	170.0	253.7	6.6	-1.89
Zircon_81	28	14	0.50	0.0541	0.0079	0.3310	0.0420	0.0423	0.0019	0.0148	0.0019	0.00	267.0	12.0	285.0	31.0	320.0	270.0	267.0	12.0	6.32
Zircon_82	70	12	0.17	0.0669	0.0032	1.6330	0.0630	0.1686	0.0038	0.0528	0.0038	0.23	1004.0	21.0	981.0	25.0	830.0	100.0	1004.0	21.0	-2.34
Zircon_83	200	82	0.41	0.0702	0.0028	1.7170	0.0530	0.1691	0.0034	0.0511	0.0028	0.35	1007.0	19.0	1016.0	19.0	938.0	76.0	1007.0	19.0	0.89

Zircon_84	111	18	0.16	0.0697	0.0029	1.6590	0.0550	0.1654	0.0034	0.0536	0.0036	0.34	987.0	19.0	991.0	21.0	921.0	86.0	987.0	19.0	0.40
Zircon_85	107	28	0.26	0.0703	0.0031	1.7680	0.0620	0.1758	0.0034	0.0514	0.0029	0.02	1044.0	19.0	1032.0	22.0	950.0	89.0	1044.0	19.0	-1.16
Zircon_86	96	164	1.71	0.0554	0.0051	0.2240	0.0200	0.0278	0.0009	0.0087	0.0006	0.04	176.8	5.4	207.0	16.0	420.0	200.0	176.8	5.4	14.59
Zircon_87	209	38	0.18	0.0782	0.0029	2.3580	0.0610	0.2138	0.0039	0.0622	0.0035	0.18	1249.0	21.0	1231.0	18.0	1153.0	70.0	1249.0	21.0	-1.46
Zircon_88	147	57	0.39	0.0768	0.0029	2.0730	0.0610	0.1920	0.0044	0.0584	0.0032	0.45	1132.0	24.0	1139.0	20.0	1115.0	76.0	1132.0	24.0	0.61
Zircon_89	78	57	0.73	0.0497	0.0042	0.2800	0.0210	0.0403	0.0010	0.0123	0.0008	-0.03	254.9	6.4	249.0	17.0	190.0	180.0	254.9	6.4	-2.37
Zircon_90	293	192	0.66	0.0520	0.0023	0.3520	0.0130	0.0493	0.0011	0.0158	0.0008	0.21	310.0	6.6	305.6	9.5	270.0	100.0	310.0	6.6	-1.44
Zircon_91	84	23	0.27	0.0726	0.0030	1.7140	0.0520	0.1738	0.0038	0.0536	0.0033	-0.14	1033.0	21.0	1013.0	20.0	999.0	91.0	1033.0	21.0	-1.97
Zircon_92	76	62	0.82	0.0573	0.0078	0.3170	0.0430	0.0416	0.0012	0.0130	0.0011	-0.06	263.0	7.4	282.0	30.0	450.0	240.0	263.0	7.4	6.74
Zircon_93	198	139	0.70	0.0531	0.0026	0.3190	0.0130	0.0449	0.0010	0.0137	0.0008	0.23	283.3	6.1	281.0	10.0	330.0	110.0	283.3	6.1	-0.82
Zircon_94	162	54	0.33	0.0842	0.0034	2.2660	0.0630	0.2034	0.0039	0.0644	0.0036	-0.03	1193.0	21.0	1203.0	19.0	1289.0	78.0	1193.0	21.0	0.83
Zircon_95	120	107	0.89	0.0971	0.0035	3.5010	0.0860	0.2724	0.0055	0.0802	0.0041	0.20	1553.0	28.0	1527.0	19.0	1569.0	70.0	1569.0	70.0	-1.70
Zircon_96	309	123	0.40	0.0543	0.0029	0.2229	0.0093	0.0315	0.0007	0.0101	0.0006	-0.13	200.5	4.3	206.3	7.7	370.0	120.0	200.5	4.3	2.81
Zircon_97	103	49	0.48	0.1010	0.0040	3.4300	0.0890	0.2629	0.0052	0.0769	0.0042	-0.05	1505.0	26.0	1510.0	20.0	1635.0	72.0	1635.0	72.0	0.33
Zircon_98	222	49	0.22	0.0795	0.0029	1.7610	0.0500	0.1717	0.0037	0.0521	0.0029	0.34	1021.0	20.0	1030.0	18.0	1181.0	74.0	1021.0	20.0	0.87
Zircon_99	97	66	0.68	0.0710	0.0067	0.2690	0.0230	0.0303	0.0010	0.0116	0.0009	-0.08	192.1	6.1	245.0	18.0	920.0	170.0	192.1	6.1	21.59
Zircon100	29	12	0.41	0.0762	0.0045	1.6950	0.0950	0.1715	0.0043	0.0522	0.0039	0.15	1020.0	23.0	1000.0	36.0	1090.0	120.0	1020.0	23.0	-2.00