



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA FALLA POZO
HONDO EN LA REGIÓN MIXTECA, ESTADOS DE
OAXACA Y PUEBLA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O G E Ó L O G O
P R E S E N T A N :
NUBIA HAIDE FERREIRA HERNÁNDEZ
M A R I O I S L A S B L A N C O



DIRECTOR: M. en C. GILBERTO SILVA ROMO

CIUDAD UNIERSITARIA

2009

Agradecimientos

Principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de tener una vida llena de satisfacciones y sin demeritar a las personas que me dieron la vida, mis padres que gracias a su apoyo comprensión y a que creyeron en mi, he podido realizar este ciclo de mi vida el cual concluye con la realización de este trabajo.

A mis hermanos: Carina a la cual le agradezco su apoyo, regaños y consejos e incondicionable ayuda en la escuela así como su apoyo económico. También estoy muy agradecido con ella por ser la hermana que siempre ponía orden en las peleas y ser la conciliadora entre Beto y yo también por ser mi primera mejor amiga y enseñarme mis primeros juegos.

Humberto por darme el gusto de tener un hermano con el cual pude compartir juegos peleas y en ocasiones ser el cómplice de mis travesuras así como darme la oportunidad de escuchar mis consejos y recientemente darme el gusto de darme una sobrina.

Y a la nueva integrante de la familia mi sobrina Dayana que nos dio nueva luz y alegría y que da nuevos bríos para salir adelante y ser su ejemplo de vida.

Así mismo a mis amigos Diego, Luis Alberto Sánchez, Carlos Valdez, Israel González Gallardo, Israel Ortega, Sabdiel Morales, Christian Muñoz, Leonel Luna, Edgar González, Omar Nieto, Fabián Jiménez, Maricela Cornejo, Raciél Amos, los cuales me brindaron muchos ratos de alegría, y su amistad incondicional sin a todos ellos siempre los llevare en el corazón.

A la mujer de mi vida por su compañía e incondicional apoyo a lo largo de la carrera la cual ha sufrido mis enojos y regaños aunque también mis alegrías contigo e compartido amigos experiencias tropiezos y logros como en el presente trabajo, gracias por todo y por seguir conmigo y aceptarme tal cual soy.

Mario

Agradecimientos

Hoy, concluye otra etapa para dar inicio a otra, me llena de alegría haber logrado una meta mas en mi vida y agradecer a las personas que me han acompañado he impulsado en mi camino.

A **Dios** por mi familia, amigos, por el amor de mi vida, por los momentos felices y los difíciles que me han hecho mas fuerte y por escucharme.

A mis padres **Rubén y Olga** por su cariño, apoyo, por sus sacrificios para sacarnos adelante a mi y a mis hermanos.

A mis hermanos **Miguel, Emma y Nayeli** por los momentos felices, tristes y peleas que hemos pasado juntos y porque se que siempre puedo contar con ustedes y que siempre estaremos juntos.

A los peques **Andy, Ale, Eros y Dilan** por su cariño, por recordarnos que los logros pequeños también son importantes, por sorprendernos día a día con sus ocurrencias, por ser una motivación para seguir adelante, ser mejores para poder ser un buen ejemplo para ustedes y por escuchar nuestros consejos para que sean mejores.

A mis abuelitas **Ana Maria e Imelda** por su cariño, por sus consejos, por su apoyo y porque donde quiera que estén siempre las llevaremos en el corazón.

Al amor de mi vida **Mario** por su apoyo, por sus consejos, por estar conmigo en las buenas y malas, por aguantar mi mal humor, por tu comprensión, por tu ayuda en la escuela, porque siempre puedo contar contigo, por quererme como soy y por tu ayuda en la realización de este trabajo.

A mis amigos principalmente a **Marisol, Tadeo, Edgar, Omar, Maricela, Araceli, Fabián** por los momentos que pasamos juntos y por haberme ofrecido su amistad.

A la familia **Ferreira y Hernández** por su cariño, por ser parte de mi vida y por sus consejos. A la familia **Islas Blanco** por su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis profesores por compartir sus conocimientos y darnos las herramientas para la vida laboral.

Haide

Agradecimientos

Gracias al Maestro en Ciencias Gilberto Silva Romo por transmitirnos su conocimiento, primero como profesor y posteriormente como director de tesis, por su paciencia y apoyo durante la realización de este trabajo ya que sin su ayuda no podríamos haber llegado a un bien final así como darnos la oportunidad de conocer a la persona que se encuentra detrás del profesor.

A la ingeniera Claudia Mendoza Rosales por su ayuda y compañía en campo, por transmitirnos su conocimiento así como su ayuda en la tesis.

A nuestros sinodales por tomarse el tiempo para revisar la tesis y proporcionarnos sus sugerencias y puntos de vista.

Un especial agradecimiento al señor Adán Castro por la orientación proporcionada para la digitalización del mapa y de las secciones del mismo.

Un especial agradecimiento al ingeniero Victoria Morales por su amistad y enseñanza proporcionada a lo largo de diferentes materias impartidas. Y al ingeniero Juan Carlos por el apoyo desinteresado para la revisión de la tesis.

Damos todo nuestro agradecimiento al Proyecto PAPIIT IN109605 por el apoyo que nos proporcionó para la realización de este trabajo y el impulso que da a los estudiantes para la investigación y exploración en campo ya que hoy en día es necesario invertir en la exploración para la obtención de nuevos recursos naturales e intervenir en la generación de trabajo para el crecimiento de nuestro país.

Mario y Haide

Índice.

RESUMEN	3
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	4
I.1 ANTECEDENTES	7
I.2 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	10
I.3 OBJETIVO GENERAL	11
I.3.1 OBJETIVOS PARTICULARES	11
I.4 METAS	12
I.5 MÉTODO DE TRABAJO	12
I.6 FISIOGRAFÍA	14
CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO	19
II.1 ESTRATIGRAFÍA GENERAL	19
II.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL	22
II.3 PROCEDENCIA DE LOS CLASTOS DEL MIEMBRO AGUA DEL CORDERO Y LENTE XOCONOXTLE	29
CAPÍTULO III. LA FALLA POZO HONDO	37
III.1 DESCRIPCIÓN	37
III.2 CINEMÁTICA	39
III.3 DISCUSIÓN	47
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÉNDICE	55
ANEXOS	

Resumen.

Al sur de México, en la parte norte de la Región Mixteca se encuentra La Falla Pozo Hondo la cual tiene un rumbo general N35°W y una longitud aproximada de 21 km, su extremo sureste se encuentra a 4.5 km del poblado de Chazumba, Oax. y pone en contacto a cuatro unidades geológicas; el bloque de piso está conformado por la Sierra de Santa Rosa (Unidad Coyotepec) del Albiano-Cenomaniano y el bloque de techo por el Miembro Agua del Cordero, el Lente conglomerático Xoconoxtle contenido en dicho miembro del Barremiano y una cuña tectónica del Complejo Acatlán del Paleozoico.

La traza de La Falla Pozo Hondo presenta una serie de flexiones, dos flexiones derechas y una izquierda. La Falla Pozo Hondo tuvo actividad como falla normal y como falla lateral; la primera ocurrió en el Barremiano y condicionó la acumulación del Miembro Agua del Cordero el cual incluye al Lente Xoconoxtle, posteriormente la falla experimentó una reactivación como falla lateral derecha en la cual los segmentos con flexión a la derecha experimentaron fallamiento normal y el segmento con flexión a la izquierda se comportó como una falla inversa. Esta reactivación ocurrió después de la acumulación de la Unidad Coyotepec del Albiano-Cenomaniano.

Los clastos calcáreos tanto del Miembro Agua del Cordero como del Lente Xoconoxtle tuvieron como fuente una unidad calcárea desconocida próxima, ya que algunos clastos se observan con deformación singenética, que indica la falta de litificación al momento de su depositación.

INTRODUCCIÓN

1

capítulo

I. Introducción.

En el sur de México se han reconocido discontinuidades estructurales mayores, las cuales se consideran como límites tectonoestratigráficos, como son las fallas: Caltepec, Chacalapa, Oaxaca, Papalutla, Tamazulapan y Vista Hermosa, las cuales separan sectores corticales singulares (Figura1).

En el sector norte del Terreno Mixteco se observa una traza estructural compleja con familias de fallas en distintas orientaciones, entre la familia con orientación noroeste-sureste destaca La Falla Pozo Hondo la cual se detalla más adelante, por ser el tema de interés.

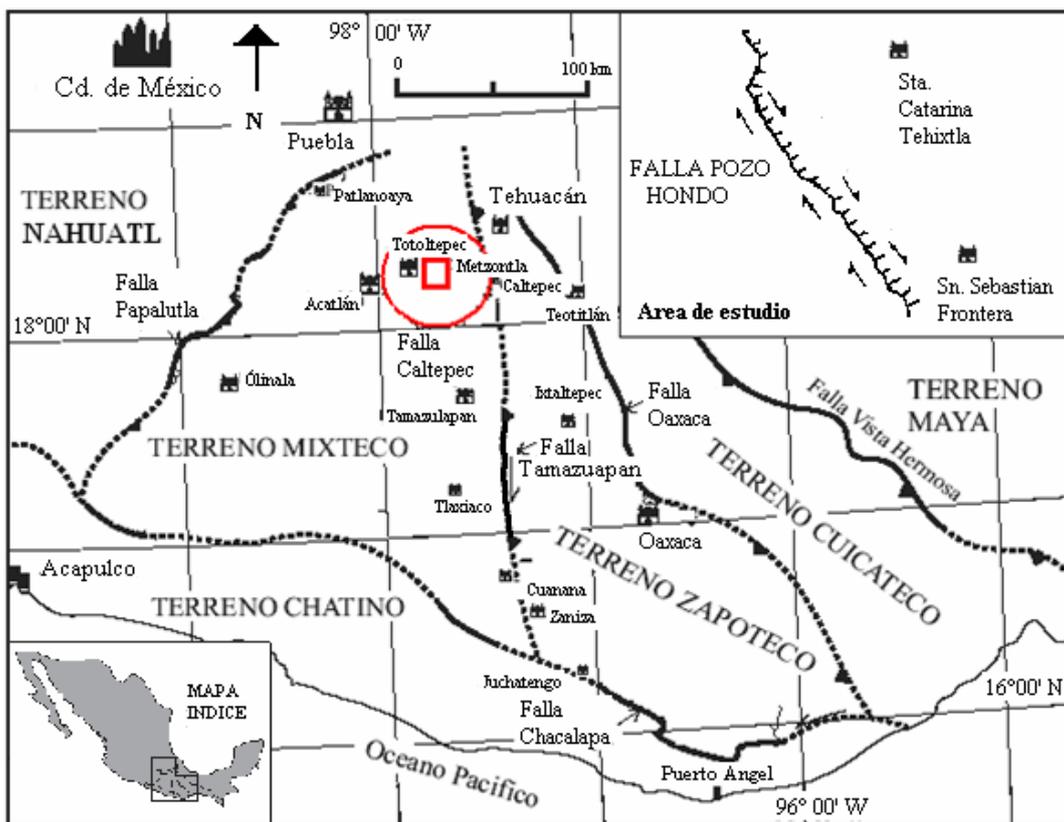


Figura 1. Mapa general del sur de México donde se muestran los terrenos tectonoestratigráficos de acuerdo a Sedlock et al (1993) y las fallas regionales que los delimitan. El área de estudio se localiza en el noroeste del Terreno Mixteco. Modificada de Elías-Herrera et al. (2005)

Falla Caltepec.

Ésta falla es una zona de cizalla longeva con una historia compleja de deformación dúctil y frágil, se reconoce a lo largo de ~20 km al sur de Caltepec, Pue., pero debe tener continuidad regional al norte hasta su truncamiento con la Faja Volcánica Transmexicana y hacia el sur hasta su terminación abrupta en el Complejo Xolapa. La Falla Caltepec es de tipo transpresional derecha con una dirección norte-sur la cual separa los terrenos Zapoteco y Mixteco al nivel de los basamentos metamórficos (Complejo Oaxaqueño del Mesoproterozoico y Complejo Acatlán del Paleozoico). Ésta falla revela una actividad tectonomagmática y metamórfica asociada a la yuxtaposición de los complejos cristalinos durante la consolidación de Pangea (Amalgamación de Gondwana con Laurentia), así mismo registra múltiples periodos de reactivación durante el Mesozoico, Cenozoico y probablemente en el Reciente (Elías-Herrera, et al., 2005). El evento de colisión ocasionó la intensa deformación dúctil, el metamorfismo y magmatismo sintectónico en el Complejo Acatlán. La edad de la cizalla se estima en 275.6-270 Ma por medio de fechamientos U-Pb con circones del Granito Cozahuico (Elías-Herrera, et al., 2005). Por otro lado López-Ticha (1985) considera que los complejos Acatlán y Oaxaqueño están yuxtapuestos por la falla Tamazulapan, la cual se localiza en la región de Tlaxiaco y coincide con la prolongación meridional de la falla Caltepec (Figura 1).

Falla Chacalapa.

Ésta falla se ubica a lo largo del sur de México, presenta un rumbo general este-oeste que yuxtapone al Terreno Chatino con los Terrenos Mixteco y Zapoteco (Figura 1), su sector oriental es el mejor estudiado; este sector se extiende más de 50 km a rumbo. El movimiento de la falla es lateral izquierdo, la edad de las rocas miloníticas se ubica entre los 29 y 23 Ma (Tolson, 2005). La falla de Chacalapa se extiende unos 10 km hacia el poniente de San José Chacalapa donde se bifurca y posteriormente es truncada por rocas intrusivas

hacia el oriente, se extiende unos 40 km con un carácter quebradizo hasta la costa del Pacífico (Tolson, 2005).

Falla Oaxaca.

Este sistema de fallas corresponde con el límite tectónico entre los Terrenos Zapoteco y Cuicateco (Sedlock et al., 1993). Ésta falla se extiende desde Tehuacan, Pue., hasta Oaxaca, Oax. donde se intersecta con la Falla Donají, con una longitud de 380 km y rumbo noroeste-sureste. La Falla Oaxaca tuvo actividad principalmente normal durante el Cenozoico, y su traza coincide con el complejo milonítico de la Sierra de Juárez (zona de juxtaposición de los terrenos Zapoteco y Cuicateco). Este complejo constituye una zona de cizalla que tuvo actividad como cabalgadura entre el Paleozoico Tardío y el Jurásico Medio y como falla transcurrente en el Jurásico Medio (Nieto-Samaniego et al., 1995).

Falla Papalutla.

El límite occidental de los afloramientos del Complejo Acatlán, está definido por ésta falla de rumbo general noreste-suroeste, ubicada en las cercanías de Papalutla, Gro., a lo largo del Río Balsas, fue reconocida como un cabalgamiento, hacia el noroeste, del Complejo Acatlán del Paleozoico sobre las rocas carbonatadas de la Formación Morelos (de Cserna et al., 1980). Ésta falla puede identificarse en otros puntos hacia el noreste (Izúcar de Matamoros) y hacia el suroeste (área de Mochitlán, Gro.), abarcando una longitud mínima cercana a los 200 km. Su edad, considerando que estuvo asociada dinámicamente al plegamiento laramídico que afectó a las rocas marinas del Cretácico y probablemente a algunas unidades del Paleoceno (de Cserna et al., 1980). Por su parte Silva-Romo (2008), reportó que al noreste del pueblo de Papalutla la falla tiene un comportamiento de tipo lateral izquierdo con una reactivación durante el Paleoceno con un desplazamiento de 7 km.

Falla Vista Hermosa.

La Falla Vista Hermosa (Ortega-Gutiérrez, 1990) es una cabalgadura que se encuentra separando a las rocas metamórficas del Mesozoico pertenecientes al terreno Cuicateco, situadas al oeste de la falla, y a una secuencia de lechos rojos, probablemente de la Formación Todos Santos, ubicados al este de la falla. Se le atribuye una edad laramídica y una polaridad tectónica del transporte hacia el este. Presenta algunas rocas gabroides serpentinizadas y serpentinitas, que sugieren un enraizamiento profundo. Ésta falla posiblemente alcance la región ístmica, hacia el sur, y la de Tehuacán, hacia el norte teniendo así una longitud mínima de 300 km.

I.2 Antecedentes.

El primer autor que menciona La Falla Pozo Hondo fue Calderón-García (1956), quien la describe como una falla inversa con rumbo general noroeste-sureste (Figura 2a). De acuerdo a este autor el bloque de techo está formado por el Miembro Agua del Cordero (Barremiano) que consiste en intercalaciones de areniscas de grano medio y conglomerados de color verdoso, los clastos del conglomerado están conformados por fragmentos de esquisto, cuarzo, caliza y areniscas en menor proporción y el bloque de piso está constituido por calizas de la Formación Cipiapa (Cretácico Medio).

Ortega-Guerrero (1989) (Figura 2b) denomina a ésta estructura como Falla Quebrantadero, sugiere que es de tipo normal, sin cuantificar la magnitud del salto de falla e infiere una edad Cenozoica. El bloque de techo lo conforma la Unidad Pozo Hondo del Terciario, descrita como un conglomerado con clastos de cuarzo, pedernal, arenisca roja y caliza, además de arenisca conglomerática de color verde y guinda; y en el bloque de piso reconoce a la Unidad Coyotepec constituida por caliza del Albiano-Cenomaniano.

En la Carta Geológico-Minera Orizaba Esc. 1:250,000 (Martínez-Amador et al, 2001) citan a la estructura como Falla la Pila de tipo normal con bloque de techo al suroeste (Figura 2c). Según esta interpretación en el bloque de piso están expuestas las formaciones Tecomazuchil (Jurásico Medio) constituida por areniscas y tobas andesíticas, la Formación Zapotitlán (Cretácico Inferior) que está compuesta por lutitas y calizas y por último la Formación San Juan Raya (Aptiano) constituida por lutitas y areniscas; a su vez el bloque de techo está conformado por las calizas de la Formación Miahuatepec (Albiano-Cenomaniano).

Por nuestra parte como antecedentes realizamos la práctica de geología de campo general en la región, en esa práctica reconocimos las unidades litológicas. Posteriormente en la práctica de geología de campo avanzada realizamos el reconocimiento preliminar de La Falla Pozo Hondo. Este trabajo lo realizamos en el marco del Proyecto PAPIIT IN109605, bajo el cual observamos y estudiamos con más detalle las características de La Falla Pozo Hondo y de las unidades estratigráficas involucradas. Nosotros interpretamos a La Falla Pozo Hondo como una falla normal con reactivación lateral derecha; esta falla pone en contacto a la Unidad Coyotepec, Miembro Agua del Cordero y a una pequeña cuña del Complejo Acatlán (Figura 2d).

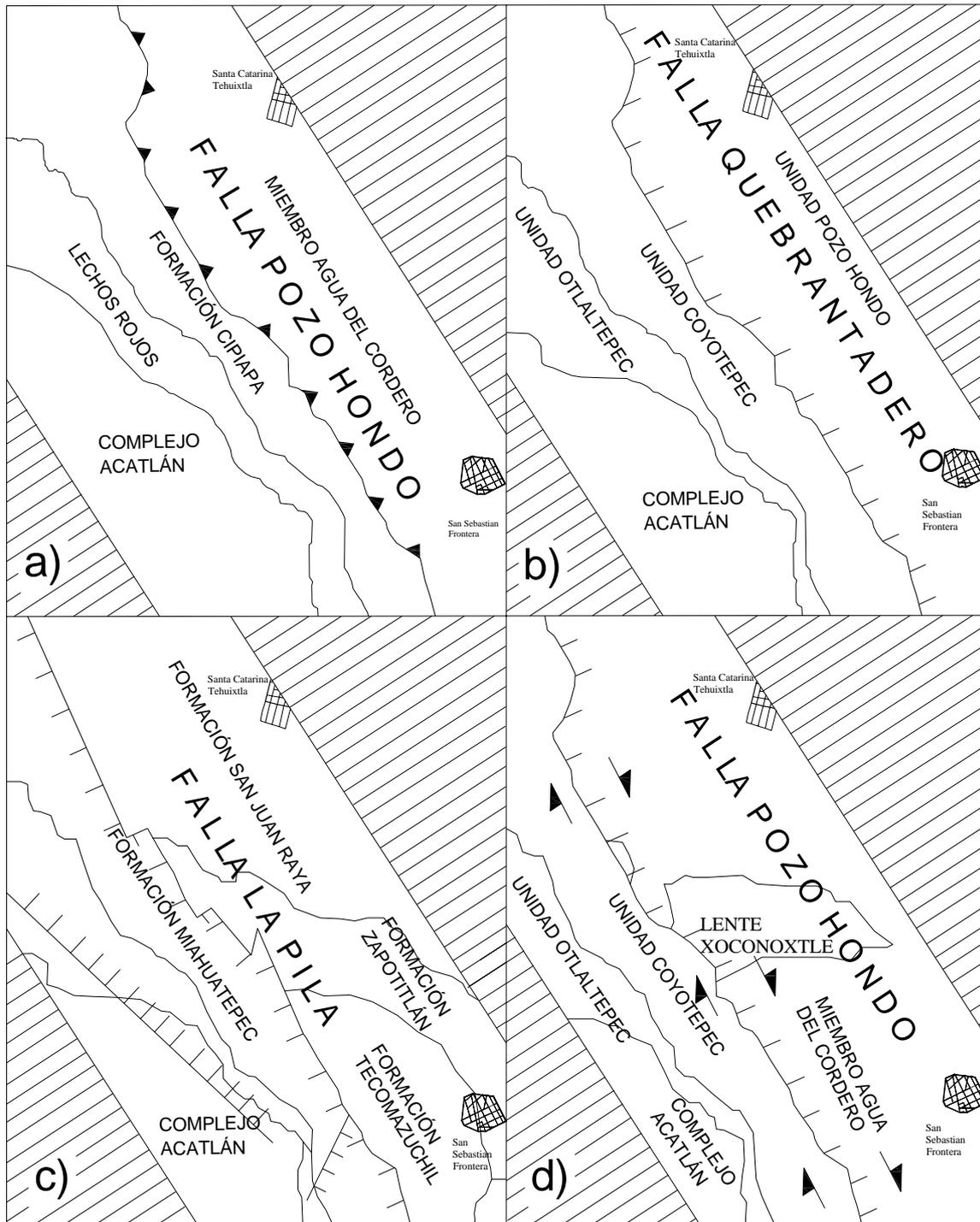


Figura. 2. Diferentes interpretaciones propuestas para La Falla Pozo Hondo: a) Calderón García (1956) la propone como falla inversa, b) Ortega-Guerrero (1989) la presenta como una falla normal con el bloque caído en el noreste, c) Martínez Amador et al. (2001) la describe como una falla normal con el bloque caído al suroeste y d) corresponde a la propuesta de este trabajo, la cual corresponde con una falla lateral derecha con componente normal.

I.3 Localización y vías de acceso.

El área de estudio es de forma rectangular con una extensión de 157.376 km² y se localiza en la zona limítrofe de los estados de Puebla y Oaxaca, representada en la Hoja Orizaba, (E14-6) (INEGI 1998), entre los vértices noroeste 97°49'W 18°20'N, noreste 97°45'W 18°24'N, suroeste 97°41'W 18°11'N y sureste 97°37'W, 18°12'N.

Dentro del área de estudio se encuentran los poblados de San Sebastián Frontera, Olleras de Bustamante, Oax. y Santa Catarina Tehuixtla, Pue., los poblados cercanos son: al sur el poblado de Chazumba, Oax., al noreste se encuentra San Juan Raya, Pue., mientras que al norte se encuentra Atexcal, Pue., y al oeste se encuentra Tianguistengo, Oax., así mismo la ciudad más cercana al área de estudio es Tehuacan, Pue. que se encuentra a 45 km al noreste.

El área de estudio está mal comunicada, las terracerías y brechas de acceso, terminan en los bordes del área, de tal forma que sólo se puede visitar a pie la región central del área como se puede ver en la Figura 3. Las principales vías de acceso son:

- La Carretera Federal 125 que comunica a la Ciudad de Tehuacán, Pue., con la Ciudad de Huajuapán de León, Oax. (Figura 3), en el Km 45 de dicha carretera parte un camino de terracería hacia el poblado de San Sebastián Frontera, de ahí se toma el camino de terracería que nos comunica con el Arroyo Agua la Junta, continuando a pie aguas abajo sobre el Río Acatepec que nos lleva directamente a la zona de la falla estudiada.
- La Carretera Federal 150 (Figura 3), que comunica a la Ciudad de Tehuacán, Pue., con la Ciudad de Tecamachalco, Pue., ésta tiene una desviación con una carretera estatal hacia San Bartolo Teontepec hasta Atexcal, en donde se toma

un camino de terracería que va hacia Santa Catarina Tehuixtla donde comienza el área de estudio siguiendo a pie por veredas.

- La Carretera Federal 125 (Figura 3), que comunica a la Ciudad de Tehuacán, Pue., con la Ciudad de Huajuapán de León, Oax., está tiene una desviación con una carretera estatal hacia el poblado de Olleras de Bustamante, de ahí se llega al área de estudio a pie por vereda.

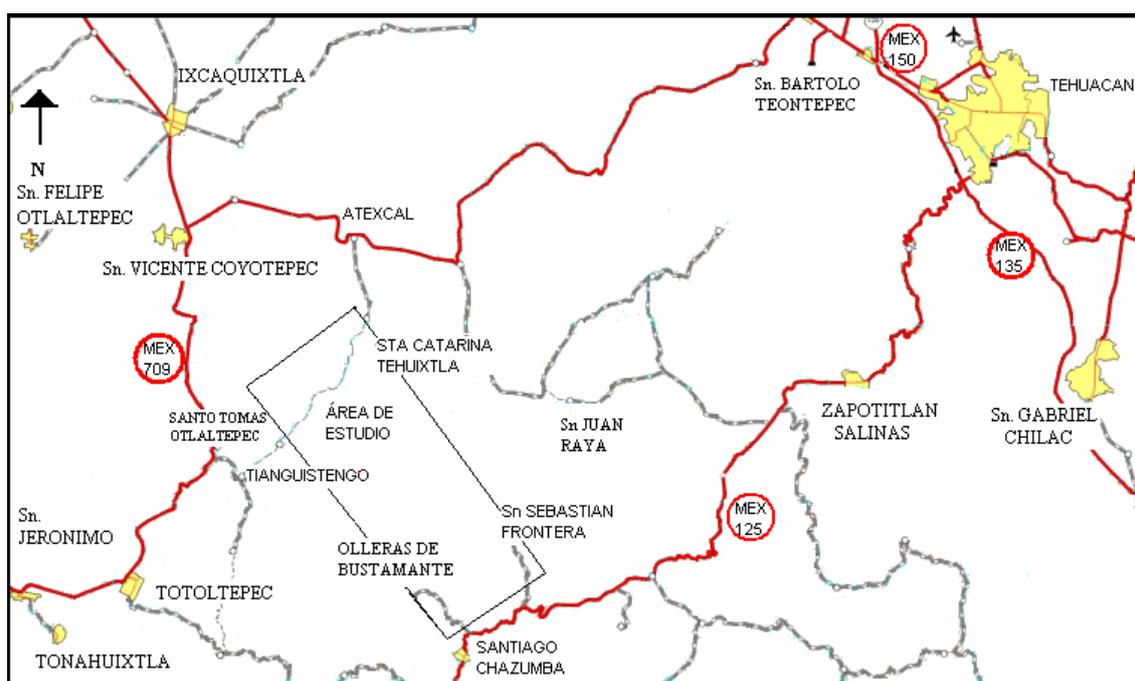


Figura. 3. Vías de acceso a la zona de estudio (Modificado de INEGI, 1998)

I.4 Objetivo General.

El objetivo de este trabajo consiste en la caracterización y el análisis cinemático de La Falla Pozo Hondo con énfasis en sus aspectos geométricos, estratigráficos y cronológicos.

I.4.1 Objetivos Particulares.

- Determinar las características estructurales de La Falla Pozo Hondo en forma general, tales como: tipo de falla y comportamiento.
- Plantear su origen y evolución.

-
- Establecer la edad relativa.
 - Discernir la cinemática.

I.5 Metas.

- Elaborar un Mapa Geológico-Estructural a una escala 1:50,000 que muestre la distribución de las unidades geológicas involucradas en la estructura, así como la ubicación y geometría de La Falla Pozo Hondo.
- Reconocer la sucesión estratigráfica del área de estudio.
- Elaborar siete secciones geológicas representativas que ilustren las características de la falla.

I.6 Método de trabajo.

Para la elaboración de este trabajo se realizaron diferentes actividades que a continuación se describen:

- Recopilación de información. Se realizó una búsqueda, recopilación y síntesis de la información bibliográfica del área de estudio, tomando como trabajos principales el de Calderón-García (1956), Ortega-Guerrero (1989) y la carta geológico-minera Carta Orizaba E14-6 Esc. 1:250,000 realizada por Martínez-Amador (2001) para el Servicio Geológico Mexicano (SGM), debido a que son los únicos que se refieren a La Falla Pozo Hondo aunque con otros nombres. Además de la búsqueda bibliográfica se obtuvieron de INEGI 10 fotografías aéreas del área de estudio: 5 fotos escala 1:75,000 (zona E14-6, línea 177, fotos 4-8, 20 de marzo de 1995), 2 fotos escala 1:50,000 (zona F53, línea R358, fotos 13-14, enero de 1966), y 3 fotos escala 1:50,000 (zona 18A, línea 27, fotos 1-3, marzo de 1975) para fotointerpretarlas y realizar el mapa preliminar.

- Trabajo de campo. En las estancias previas (Prácticas de Geología de campo general y Geología de campo avanzada) se reconocieron las unidades

geológicas del área, se tomaron datos estructurales y se realizó el reconocimiento preliminar de La Falla Pozo Hondo.

La última etapa de trabajo consistió en una visita al área de estudio, que duró 2 semanas, en dicho periodo se realizaron una serie de caminamientos a lo largo de la traza de la falla así como otros transversales a la estructura; los recorridos se planearon con base en los resultados obtenidos de la fotointerpretación y se realizaron para verificar y detallar el mapa fotogeológico preliminar de la zona de estudio, así como para buscar indicios cinemáticos, así como la toma de datos estructurales que permitieron determinar los aspectos geométricos, estructurales y cinemáticos de la falla. Además para reconocer estructuras tales como estratificación, estratificación cruzada, foliación y las relaciones de contacto que existe entre las unidades involucradas. Se tomaron datos estructurales mediante una brújula tipo Brunton, de rasgos planares y lineales; estratificación, fracturas y estrías. Para la ubicación de los afloramientos descritos se utilizó un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) con el que se obtuvieron las coordenadas en el Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM); se colectaron 13 muestras de los clastos de caliza de la Unidad Coyotepec, 16 en el Miembro Agua del Cordero y 4 del Lente Xoconoxtle; en total se recolectaron 33 muestras en puntos de interés, así mismo se seleccionó un área específica para la medición de la Unidad Coyotepec, además se realizaron conteos estadísticos en 16 estaciones en los afloramientos del Miembro Agua del Cordero, para los conglomerados que contienen clastos de caliza donde se estudió y registró el tamaño, redondez y proporción de dichos clastos.

- Trabajo de gabinete. En una etapa previa al trabajo de campo se realizó la fotointerpretación geológica de las fotografías aéreas, 5 fotos escala 1:50,000 y 5 fotos escala 1:75,000 para elaborar un mapa preliminar en el cual se ubicaron sitios de interés. Se utilizaron cartas topográficas escala 1:50,000 (Ixcaquixtla E14-B74, Tehuacan E14-B75, Petlalcingo E14-B84 y Atzumba E14-B85) y 1:250,000 (Orizaba E-14-6) elaborados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), así como la carta geológica Orizaba E-14-6

del Servicio Geológico Mexicano (Martínez-Amador et al., 2001). Para la realización del mapa geológico preliminar se utilizaron las bases topográficas digitales escala 1:50,000 (Ixcaquixtla E14-B74, Tehuacan E14-B75, Petlalcingo E14-B84 y Atzumba E14-B85) elaboradas por el INEGI.

Una segunda etapa consistió en procesar y analizar la información obtenida en campo y la corrección del mapa preliminar, obteniendo así el mapa definitivo escala 1:50,000 y la realización de siete secciones, con dibujo asistido por computadora. Se analizaron y clasificaron petrográficamente 14 muestras de las 33 recolectadas: 4 de las calizas de la Unidad Coyotepec, 6 de los conglomerados del Miembro Agua del Cordero y 4 del conglomerado del Lente Xoconoxtle (ver apéndice petrográfico), las muestras se seleccionaron por su contenido fósil, matriz, tamaño del clasto y por su ubicación, así mismo se procedió a la clasificación de las muestras. Por medio de la fauna fósil y tipo de caliza se observó la relación que existe entre los clastos de caliza de los conglomerados con la sucesión calcárea de la Unidad Coyotepec. Así mismo se procesaron los datos estructurales de estrías, estratificación, fracturas y foliación en un software libre para poder interpretar el tipo de movimiento de la falla.

Se realizaron dos gráficas para conocer la variación de la proporción y tamaño de los clastos de caliza con el fin de conocer si existía algún tipo de relación con la unidad coyotepec, se realizó con base en el conteo estadístico efectuado en los conglomerados pertenecientes al Miembro Agua del Cordero que contiene clastos de caliza, en una se tomó en cuenta la proporción de los clastos de caliza en el conglomerado y en otra la redondez y tamaño de los mismos.

I.7 Fisiografía.

El área de estudio se encuentra en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur (Figura 4), la cual es una provincia heterogénea, al oeste de esta provincia se localiza la gran depresión del Balsas y al sur la región de los Valles de

Oaxaca; constituye el parteaguas de la vertiente del Golfo y del Pacífico. Al norte queda limitada por la Faja Volcánica Transmexicana y al este con el Istmo de Tehuantepec. Por lo que respecta a las altitudes, en la Mixteca baja predominan aquellas que van desde 1,200 a 2,300 metros y en la Mixteca de la costa, las altitudes disminuyen hasta conformarse con parte de la región de la Costa (INEGI, 1991).



Figura 4. Mapa de las Provincias Fisiográficas de la República Mexicana (Tomada de INEGI, 1991).

El área de estudio pertenece a la cuenca del Balsas que vierte sus aguas hacia el Océano Pacífico, sus principales corrientes fluviales son el Río Acatepec y el Río Pozo Hondo; las cuales tienen un patrón de drenaje dendrítico.

El relieve del área estudiada presenta contrastes orográficos tales, que es posible reconocer tres sectores morfológicos dispuestos como franjas con orientación general sureste-noroeste, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Fotografía aérea vertical del área de estudio en la cual se resaltaron los sectores morfológicos reconocidos.

En la parte meridional del sector suroeste se presentan lomeríos con pendiente moderada, la máxima altitud es de aproximadamente 1860 msnm y la mínima es de 1600 msnm (Figura 6); en la porción septentrional se observa el desarrollo de abanicos aluviales que constituyen gran parte de este sector y se observa una pequeña sierra con pendiente suave la cual es paralela a la Sierra de Santa Rosa.



Figura 6. Fotografía tomada desde el sector central. Lomeríos de pendiente suave pertenecientes al sector suroeste.

El sector central está conformado por la Sierra de Santa Rosa (Figura 7) con una altitud máxima de 2180 m y una mínima de aproximadamente 1700 msnm con una dirección $NW35^{\circ}SE$, la sierra es asimétrica y define una cuesta, geoforma que es más angosta en la zona media, hacia el oeste la pendiente es abrupta mientras que al este la pendiente es más suave y en su parte sur presenta varias terrazas formadas por material reciente. El norte de la sierra es atravesada por una cinta aluvial que conecta a los abanicos aluviales de los sectores noreste y suroeste. En la sierra destaca una prominencia en forma de cúpula que corresponde con un cuerpo intrusivo.

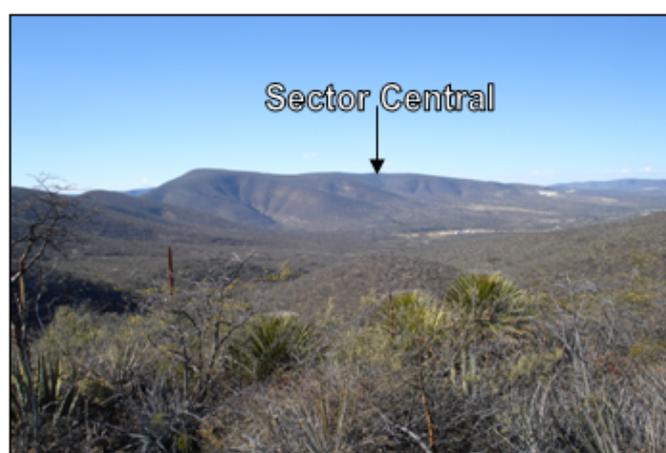


Figura 7. Fotografía tomada desde el sector noreste. Vista de la ladera noreste de la Sierra de Santa Rosa correspondiente al sector central del área de estudio.

El sector noreste (Figura 8) está constituido por una serie de lomeríos de pendiente suave sobre todo hacia su porción meridional, en la parte central se presentan dos cerros coronados por mesetas, uno de ellos es el Cerro Chimalayo (2060 m de altitud), y hacia la porción septentrional el relieve se resuelve en abanicos aluviales acumulados a partir de la erosión de las rocas preexistentes.



Figura .8. Fotografía tomada desde el sur del sector noreste. Lomeríos de pendiente suave de la porción meridional del sector suroeste.



MARCO GEOLÓGICO



2



capítulo

II. Marco Geológico

II.1 Estratigrafía General

El registro estratigráfico del sector norte del Terreno Mixteco comprende varias unidades que en su conjunto abarcan desde el Paleozoico Inferior hasta el Reciente. En este capítulo se hace una descripción general de las unidades que lo conforman.

La unidad más antigua del Terreno Mixteco es el Complejo Acatlán el cual está dividido estructuralmente en 2 subgrupos: el Subgrupo Petlalcingo y Subgrupo Acateco (Ortega-Gutiérrez, 1978).

El Subgrupo Petlalcingo consiste en esquistos, anfibolitas, cuarcitas y filitas que están intercaladas con rocas ígneas máficas. La parte magmática baja (Migmatita Magdalena) es más cálcica que la parte media y superior (Formación Chazumba y Cosoltepec) las cuales son predominantemente grauvacas intercaladas con metapelitas y metagabros. El Subgrupo Acateco inicia con la Formación Xayacatlán que está constituida por peridotitas serpentinizadas, metabasitas eclogitizadas y anfibolitizadas, esquistos pelíticos, cuarcitas y el Granitoide Esperanza compuesto por gneisses miloníticos polimetamórficos. La Formación Tecomate está compuesta por rocas metaclásticas arcósicas, metapelitas calcáreas y calizas además contiene clastos del Granitoide Esperanza (Ortega-Gutiérrez, 1978).

El Complejo Acatlán está cubierto discordantemente por estratos marinos de la Formación Patlanoaya (Mississípico Temprano) y por las areniscas continentales, limonitas y conglomerados de la Formación Matzitzi (Pensilvánico), (Sedlock, et al., 1993).

En el Jurásico se depositó una sucesión continental constituida de areniscas de grano grueso y partes conglomeráticas intercaladas con arcillas bentoníticas de color rojo. Calderón-García, (1956) considera a la sucesión como lechos rojos y la subdivide en tres unidades: la inferior arcillo-arenosa, la media arenarcillosa y la superior arcillosa; por su parte Ortega-Guerrero (1978) la dividió en dos unidades: Unidad Piedra Hueca y Unidad Otlattepec, la primera constituida por areniscas, conglomerados, lutitas y limolitas; la segunda es una secuencia alternante de arenisca, lutita y limonita.

En el Cretácico Inferior se depositaron las Formaciones Zapotitlán (Barremiano), San Juan Raya (Barremiano-Aptiano) y Miahuatepec (Aptiano). La Formación Zapotitlán está constituida por areniscas y lutitas intercaladas con caliza y conglomerados, ésta a su vez contiene a los Miembros Agua del Burro y Agua del Cordero. La Formación San Juan Raya consiste en areniscas, lutitas, conglomerados, calizas y abundante fauna fósil. La Formación Miahuatepec está conformada por calizas con bandas de pedernal negro hacia la base y nódulos hacia la cima (Calderón-García, 1956).

El Cretácico Medio está representado por calizas con fósiles, nódulos de pedernal y delgadas intercalaciones de margas de la Formación Cipiapa. Posteriormente en el Terciario se encuentran la Formación Tehuacán (Calderón-García, 1956) y la Formación Acatepec (Barceló-Duarte, 1978), la primera constituida por calizas, conglomerados y limolitas; la segunda está constituida por calizas y conglomerados, ambas se encuentran situadas en el Paleógeno, así mismo se encuentran derrames e intrusiones magmáticas de edad Terciaria (Calderón-García, 1956) y lo más reciente está constituido por suelos del Cuaternario como producto de la erosión e intemperismo de las rocas preexistentes.

En el área de estudio se han propuesto distintas unidades para describir su sucesión estratigráfica, en la Tabla 1 presentamos las columnas estratigráficas propuestas por los diferentes autores que han estudiado el área.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	Zapotitlán Salinas (Calderón-García, 1956)	San Juan Raya (Barceló-Duarte 1978)	Ixcaquixtla Totoltepec (Ortega-Guerrero, 1989)	Terreno Mixteco (Martínez-Amador et al., 2001)				
CENOZOICO	TERCIARIO	Holoceno	Aluvi3n	Aluvi3n	Aluvi3n	Aluvi3n				
		Pleistoceno								
		NEOGENO					Plioceno	Rocas Volcánicas		F. Cuauyuca
		Mioceno								
		PALEOGENO					Oligoceno	F. Tehuacán		F. Agua de Luna
	Eoceno					F. Pie de Vaca				
	Paleoceno			F. Acatepec	Unidad Pozo Hondo	F. Tamazulapán				
				F. Tehuacán						
	MESOZOICO	CRETACICO	Senoniano				F. Mezcala			
			Turoniano							
Cenomaniano							F. Miahuatpec			
Albiano			F. Cipiapa	F. Cipiapa	Caliza Coyotepec		F. Morelos			
Aptiano			F. Sn. Juan R. F. Miahuatpec	F. Sn. Juan R. F. Miahuatpec	Unidad Magdalena		F. Sn. Juan Raya			
				F. Agua del Cordero						
Barremiano			F. Zapotitlán	F. Zapotitlán			F. Zapotitlán			
Hauteriviano										
Valanginiano										
Berriasiano			F. Mapache							
JURASICO		SUPERIOR								
		MEDIO				Unidad Otlaltepec				
		INFERIOR								
		TITONIANO								
		KIMERIDGIANO								
		OXFORDIANO								
		CALOVIANO								
		BATONIANO								
	Bajociano	Lechos Rojos				F. Tecomazuchil				
Aalemiano				Unidad Piedra Hueca						
Toarciano										
Phlebochiano										
Sinemuriano										
Hetangiano	F. Matzitzi									
TRIASICO	SUPERIOR				Tronco de Totoltepec					
	MEDIO									
	INFERIOR									
PALEOZOICO	PERMICO									
	PENSILVANICO			F. Matzitzi		F. Matzitzi				
	MISISIPICO									
	DEVONICO									
	SILURICO									
	ORDOVICICO									
CAMBRICO		Complejo Acatlán	Complejo Acatlán	Complejo Acatlán	Complejo Acatlán					

Tabla 1. Registro estratigráfico del área de acuerdo a los trabajos previos realizados por: Calderón-García (1956), Barceló-Duarte (1978), Ortega-Guerrero (1989) y Martínez-Amador et al. (2001).

II.2 Estratigrafía local

En el área de estudio reconocimos 8 unidades estratigráficas, que representan un lapso comprendido entre el Paleozoico y el Reciente. La Falla Pozo Hondo divide el área de estudio en dos bloques: noreste y suroeste; ambos tienen como basamento al Complejo Acatlán del Paleozoico, en el bloque noreste aflora el Miembro Agua del Cordero y el Lente Xoconoxtle pertenecientes a la Formación Zapotitlán del Barremiano, dicho miembro es discordante con el basamento; en el bloque suroeste aflora la Unidad Otlaltepec del Jurásico Medio que es discordante con el Complejo Acatlán, dicha unidad a su vez es discordante con la Unidad Coyotepec del Albiano-Cenomaniano, este bloque se encuentra afectado por un cuerpo intrusivo de edad Cenozoica; ambos bloques comparten a la Unidad Chimalayo y el Aluvión; en la Figura 9 se presenta la columna estratigráfica de ambos bloques.

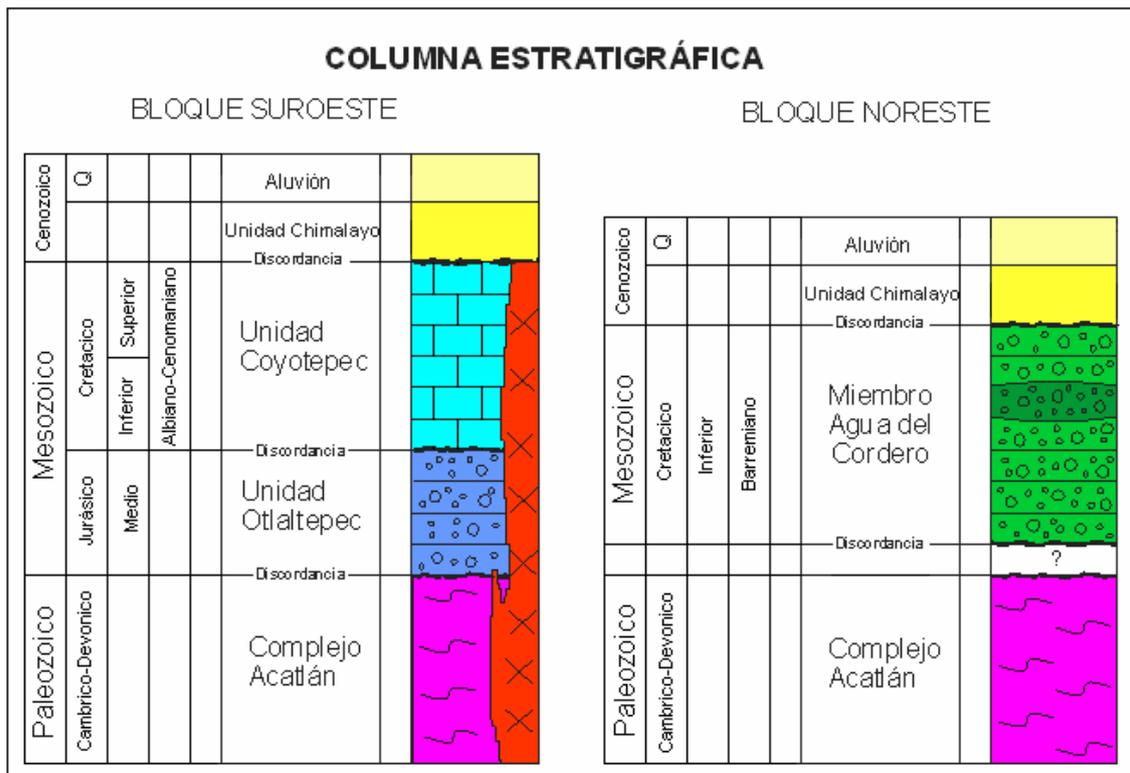


Figura 9. Columna estratigráfica del área de estudio.

Complejo Acatlán

Definición

El primero en proponer formalmente el nombre Complejo Acatlán fue Ortega-Gutiérrez, (1978) a las rocas metamórficas expuestas en la Mixteca, en los estados de Puebla y noroeste de Oaxaca, asignándole una edad del Paleozoico.

El Complejo Acatlán está representado en el área de estudio por la Formación Chazumba, la cual está constituida por esquistos pelíticos micáceos y cuarcitas o rocas silíceas Ortega-Gutiérrez, (1978); en este trabajo se utilizará el nombre de Complejo Acatlán.

Litología

El Complejo Acatlán está expuesto en el sector suroeste del área de estudio, en forma de lomeríos redondeados, también aflora cerca de la falla al norte en forma de cuña (ver mapa geológico adjunto), en estos afloramientos el complejo está constituido por esquistos de biotita con granate en facies de esquistos verde (Figura 10) los cuales se encuentran muy plegados y fracturados, con segregaciones de cuarzo lechoso paralelas a la foliación, algunas fracturas se encuentran rellenas por carbonatos, la foliación predominante en el área de estudio es N15°E, 36.

Relaciones estratigráficas

El Complejo Acatlán es la unidad más antigua del área de estudio, y está cubierta en discordancia por la unidad Otlaltepec (Jurásico Medio).

Edad

La edad del Complejo Acatlán se restringe al Paleozoico Temprano, tomando como base la relación discordante subyaciendo a la Formación Matzitzí del Pensilvánico (Sedlock, et al., 1993). Las edades isotópicas y radiométricas apoyan una edad cambro-devónica. (Ortega-Gutiérrez, 1978).



Figura. 10. Esquisto plegado y fracturado del Complejo Acatlán con segregaciones de cuarzo lechoso, en el Río Acatepec.

Unidad Otlaltepec

Definición

Es una sucesión de rocas clásticas continentales del Jurásico las cuales afloran en la ladera suroeste de la Sierra Santa Rosa (Ortega-Guerrero, 1989), los afloramientos se encuentran cubiertos en su mayoría por caliche, travertino y aluvión, hacia la parte sur del área de estudio comienza como un cordón angosto el cual se ensancha hacia el norte.

Litología y espesor

Es una sucesión conglomerática (Figura 11) con contenido alto de cuarzo lechoso subredondeado a redondeado y mal clasificado donde los tamaños

varían desde unos cuantos milímetros hasta 10 cm, la matriz está compuesta de arenisca fina, limolita y lutita de color rojo, el espesor de los estratos llega a ser de 80 cm. En algunos sectores los estratos presentan estratificación cruzada, intercalaciones con arcillas de color rojo, así mismo se pueden apreciar estratos de areniscas de color rojizo a la intemperie y al fresco se observan tonos más claros.



Figura 11. Conglomerado color rojizo con contenido alto de cuarzo lechoso redondeado.

Ortega-Guerrero (1989), estima que el espesor máximo de esta unidad es de aproximadamente 1,500 m. El espesor de ésta unidad varía grandemente.

Relaciones estratigráficas

En el área de estudio la Unidad Otlaltepec descansa discordantemente sobre el Complejo Acatlán (Paleozoico) y está cubierto discordantemente por la Unidad Coyotepec (Albiano-Cenomaniano).

Edad

La edad se ha determinado por la flora que contiene, Calderón-García (1956) reportó plantas muy parecidas a las descritas del Liásico de Oaxaca, o por las hojas encontradas por Ortega-Guerrero (1989) en el Cerro de la Matanza y en el Cerro del Tepetate a las cuales describe como Cicadofitas del género Otozamites que pertenecen al Jurásico.

Formación Zapotitlán

Definición

Calderón-García (1956) describe a esta formación como una serie de lutitas, calizas con paquiodontos y conglomerados que afloran desde el norte de San Antonio Texcala hasta la Sierra de Santa Rosa, de edad Barremiana; denominando a la fracción conglomerática como Miembro Agua del Cordero y a la fracción calcárea como Miembro Agua del Burro.

Miembro Agua del Cordero

Definición

Calderón-García (1956) propuso al Miembro Agua del Cordero y lo describe como una sucesión constituida por conglomerados y areniscas perteneciente a la Formación Zapotitlán, de edad Barremiano Temprano-Tardío. Ortega-Guerrero (1989) denominó informalmente a la sucesión expuesta al noreste de la Sierra Santa Rosa como Unidad Pozo Hondo; la considera compuesta por un paquete de conglomerado sedarenítico, intercalado con estratos de areniscas conglomeráticas, y le asigna una edad Terciaria. En el presente trabajo se reconoció su correspondencia con el Miembro Agua del Cordero propuesto por Calderón-García (1956).

Litología y espesor

Este miembro está conformado por estratos de conglomerados (Figura 12) intercalados con areniscas, los estratos de arenisca son de grano medio de color verde y guinda con espesores que varían de 30 cm a 20 cm, el conglomerado está soportado por matriz de arena media, los clastos están compuestos de fragmentos de cuarzo metamórfico, esquisto, caliza y arenisca. Los clastos de cuarzo metamórfico, se encuentran sub-redondeados y su

tamaño varía de 15 cm a 2 mm; los clastos de esquisto son de color verde, angulosos y su tamaño varía de 20 cm a 2 mm; los clastos de caliza son de color gris oscuro encontrándose redondeados y su tamaño varía de 10 cm a 2 mm; los clastos de arenisca son escasos, de color pardo y su tamaño varía de 3 cm a 1 cm. Los estratos de arenisca varían de 50 cm a 20 cm y los de conglomerado de 40 cm a 2 cm. Entre la fauna fósil que se puede observar por medio de petrografía sobresalen fragmentos de moluscos, gasterópodos, equinodermos, algas y foraminíferos, esto se observó en 9 muestras de clastos de caliza pertenecientes al Miembro Agua del Cordero (Ver apéndice petrográfico). Barceló-Duarte (1978) le asigna al miembro un espesor de 1000 m. El Miembro Agua del Cordero presenta plegamientos principalmente en la parte noreste fuera del área de estudio (Calderón-García, 1956) y sobre el Río Acatepec; en dicho río se observan dos pliegues un anticlinal con eje orientado al N35°W y un sinclinal con dirección N30°W (ver mapa geológico anexo).



Figura 12. Conglomerado del Miembro Agua del Cordero con clastos de caliza redondeados, cuarzo lechoso subredondeados y esquisto subangulosos.

Lente Xoconoxtle

En el miembro Agua del Cordero se encuentra un cuerpo lenticular conglomerático el cual proponemos informalmente en el presente estudio como Lente Xoconoxtle por la cercanía al cerro del mismo nombre. El Lente Xoconoxtle aflora en la parte central del sector noreste, sobresale por el porcentaje y tamaño de los clastos de caliza los cuales en su mayoría se

encuentran subredondeados y algunos se encuentran deformados como si los clastos se hubieran depositado aún sin litificar como se muestra en la Figura 13. El tamaño de los clastos de caliza varía de 40 cm a 2cm con un porcentaje aproximado de 70% seguido de un 5% de esquisto, 20% de cuarzo y 5% de feldespato. De acuerdo a Folk (1970) los estratos del lente son calcilitaruditas (ver apéndice petrográfico, muestras MN-14 y M-57).



Figura 13. Conglomerado del Lente Xoconoxtle en la cual se muestra el gran porcentaje de clastos de caliza y su tamaño, así mismo se puede observar que algunos clastos están deformados indicando que al momento de depositarse aun no estaban solidificados.

Edad

A esta unidad se le asignó una edad Barremiana, con base en su contenido de microfósiles de la especie *Chofatella decipiens* (Schlumberger) (Calderón-García, 1956).

Relaciones estratigráficas

El contacto superior del Miembro Agua del Cordero se encuentra interdigitado con la Formación San Juan Raya (Calderón-García, 1956). El contacto inferior no se puede observar puesto que descansa en contacto por falla con la Unidad Coyotepec en la Sierra Santa Rosa.

Procedencia de los clastos del Miembro Agua del Cordero y Lente Xoconoxtle

En trabajos previos no se ha mencionado el origen de los clastos de caliza del Miembro Agua del Cordero o del Lente Xoconoxtle; en el presente trabajo se practicaron estudios petrográficos a los clastos de calizas incluidos en estas unidades, para comparar sus características y contenido fósil con el propio de la Unidad Coyotepec por ser la sucesión calcárea más cercana. Así, realizamos el estudio petrográfico de cuatro muestras de la Unidad Coyotepec, tres del Lente Xoconoxtle y nueve del Miembro Agua del Cordero.

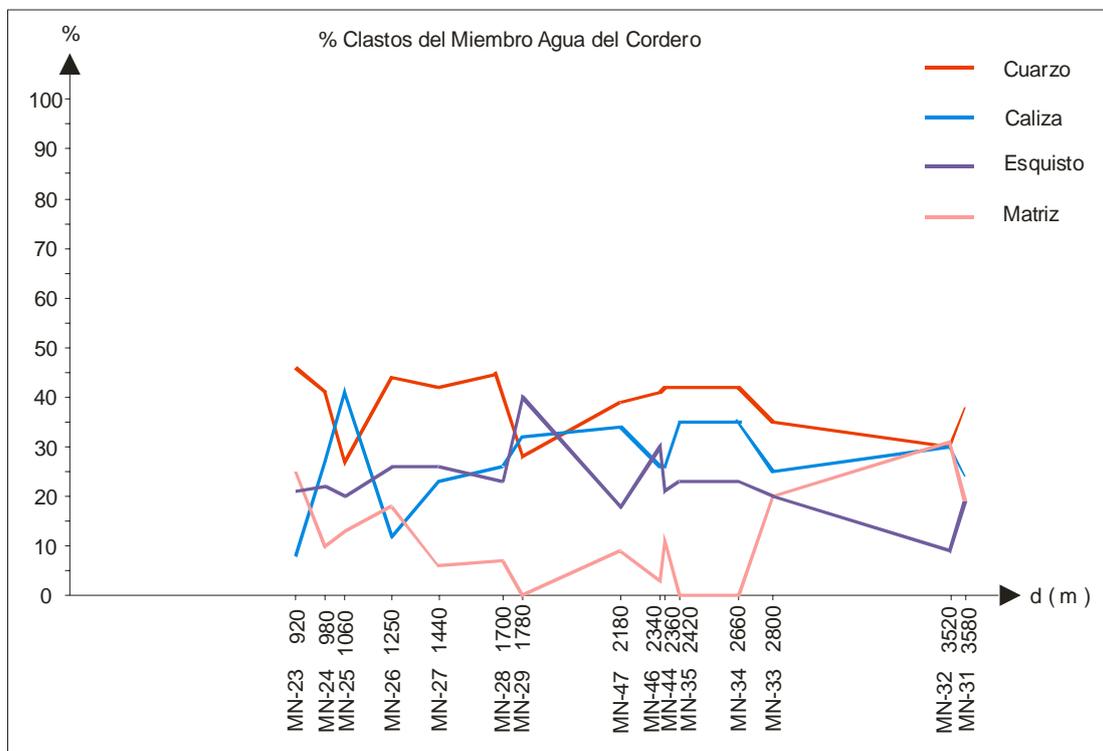
Los fósiles encontrados en la Unidad Coyotepec corresponden a Foraminíferos principalmente miliólidos y Rudistas; en los clastos de caliza del Miembro Agua del Cordero se encontraron: algas, gasterópodos, radiolas, moluscos, placas de equinodermos, foraminíferos, cefalópodos y crinoides; mientras que en el Lente Xoconoxtle se observaron esponjas, placas de equinodermos, gasterópodos y foraminíferos (Ver apéndice petrográfico).

Al realizar la comparación entre los clastos de caliza del Miembro Agua del Cordero y del Lente Xoconoxtle con las rocas calcáreas de la Unidad Coyotepec, se observó que los fósiles son completamente diferentes a los de la Unidad Coyotepec, por lo cual se concluye que los clastos calcáreos no provienen de la sucesión calcárea antes mencionada.

Dado que los clastos calcáreos no proceden de la Unidad Coyotepec y por otro lado los clastos del Lente Xoconoxtle son más grandes y abundantes que los del Miembro Agua del Cordero, consideramos que la fuente de dichos clastos pudo ser una unidad que se encontraba cercana al lente conglomerático la cual no estaba completamente solidificada, debido a que algunos clastos se observan deformados como si al momento de su depositación no se encontraran litificados, quedando así los clastos pertenecientes al Miembro

Agua del Cordero y Lente Xoconoxtle como únicos testigos de una unidad calcárea penecontemporánea.

Así mismo en el Miembro Agua del Cordero, se realizó un conteo estadístico de puntos en los conglomerados con clastos de caliza expuestos a lo largo del Río Acatepec. Durante este conteo se obtuvo información sobre la proporción, redondez y tamaño de los clastos. En las gráficas 1 y 2 se presenta la variación de los atributos de los conglomerados con clastos calcáreos propios del Miembro Agua del Cordero con relación a la distancia que guardan con respecto a la traza de La Falla Pozo Hondo, sobre el Río Acatepec.

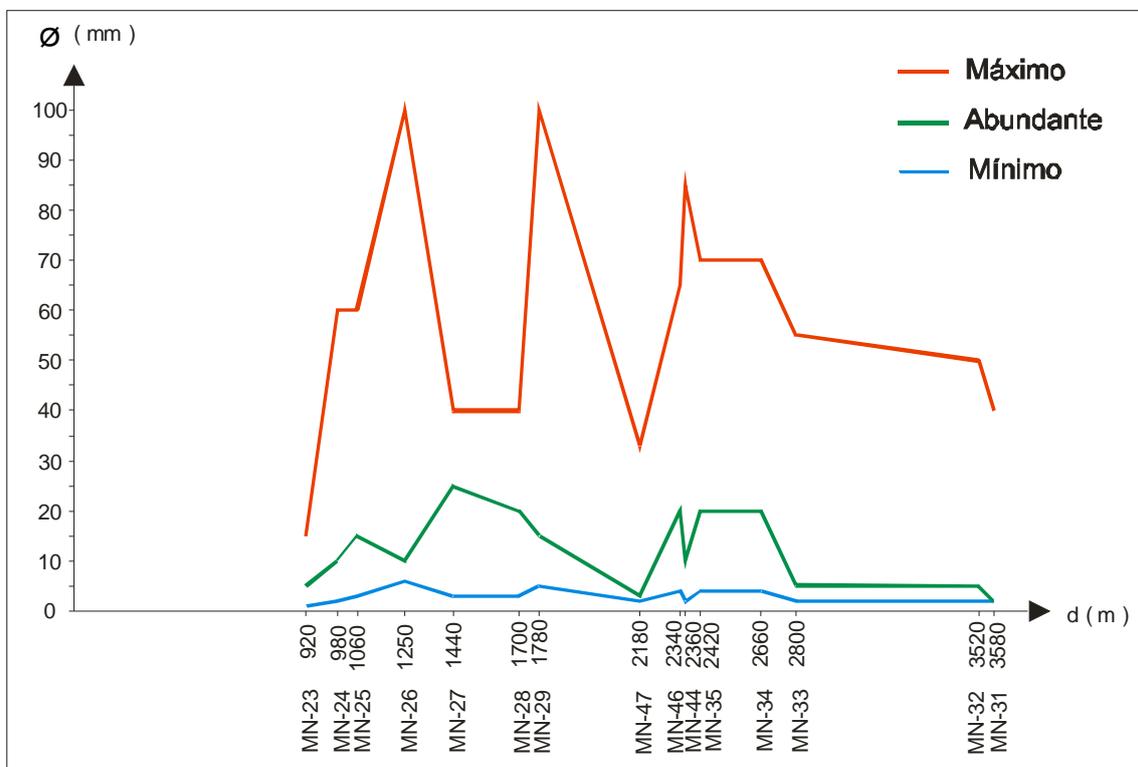


Gráfica 1. Proporción de los clastos (eje y) del conglomerado del Miembro Agua del Cordero con respecto a la distancia (eje x) a partir de La Falla Pozo Hondo.

La redondez de los clastos de caliza y cuarzo va de subredondeado a redondeado indicando que estos clastos tienen más transporte y que su fuente no es cercana, en cuanto al transporte de los clastos de caliza esto también apoya la teoría de que la fuente no es la Unidad Coyotepec; mientras que la de los clastos de esquisto son angulosos a subangulosos con poco transporte

indicando que la fuente es cercana; en cuanto al tamaño de los clastos este es muy variable.

En la gráfica 2 se ilustra la variación del tamaño de los clastos de caliza en cada una de las estaciones medidas, así como el tamaño más abundante, además se observa que los primeros dos puntos más altos de máximo tamaño corresponden al mismo estrato dentro del anticlinal que se encuentra en el área de estudio (ver mapa), con respecto al tamaño y promedio de los clastos de caliza no se pudo obtener mayor información ya que la variación no es muy sobresaliente y prácticamente es constante.



Gráfica 3. Tamaño (eje y) y máximo, mínimo y más abundante de los clastos de caliza con respecto a la distancia (eje x) a partir de La Falla Pozo Hondo

Unidad Coyotepec

Definición

Calderón-García (1956) nombra como Formación Cipiapa a la sucesión calcárea expuesta en la Sierra de Santa Rosa, posteriormente Ortega-Guerrero (1989) la propone como Unidad Coyotepec y la describe como una sucesión calcárea, la divide en tres miembros (inferior, medio y superior) identificados en el Arroyo Magdalena a 4 km de Santo Tomás Otlaltepec (al poniente del área) y en la Barranca El Gavilán a 6 km al sur de San Vicente Coyotepec (al noroeste del área). Los tres miembros están conformados por biomicrita, la diferencia consiste en que el miembro inferior contiene nódulos y lentes de pedernal, el miembro medio tiene horizontes de brecha intraformacional y de coquinas y en el miembro superior se observan intercalaciones con horizontes arcillosos. En el presente estudio se tomará el nombre propuesto por Ortega-Guerrero (1989).

Litología y espesor

Es una sucesión de calizas de color gris claro (Figura 14), horizontes que meteorizan en color gris amarillento, a diferentes niveles se encuentran horizontes dolomitizados y otros con alto contenido faunístico en los que predominan foraminíferos de la familia miliolidae, estratos de rudistas así como zonas bioturbadas, los espesores de la estratificación varían de 3 m a 15 cm, en los estratos hay esparcidos nódulos de pedernal de color gris oscuro que se encuentran distribuidos paralelos a la estratificación y en ocasiones se llega a observar bandas y lentes de pedernal, los cuales varían de unos cuantos centímetros hasta un espesor de 30 cm.



Figura 14. Estrato de caliza de la Unidad Coyotepec en el Río Acatepec, el cual contiene rudistas en la cima.

Calderón-García (1956) midió en el Cerro de Ocote al este de la Ex – Hacienda Cipiapa un espesor de 825 m., mientras que Ortega-Guerrero (1989) estimó un espesor de 400 m. De acuerdo con nuestras secciones suponemos un espesor de alrededor de 300 m en la Sierra de Santa Rosa. Sobre el Río Acatepec se midió una columna estratigráfica (Figura 6) con un espesor parcial de 102 m (ver apéndice).

Relación estratigráfica

La Unidad Coyotepec descansa discordantemente sobre la Unidad Otlaltepec del Jurásico Medio y está en contacto por falla con el Miembro Agua del Cordero del Barremiano y al sur se encuentra cortada por un cuerpo intrusivo de composición andesítica.

Edad

La edad de la Unidad Coyotepec es Albiano-Cenomaniano; ésta edad es asignada por el estudio de fósiles reportados previamente por Calderón-García (1956), quien reportó paquiodontos, foraminíferos y ostrácodos, así como algunas colonias de algas, dentro de los foraminíferos se encontraron especies de la familia Miliolidae.

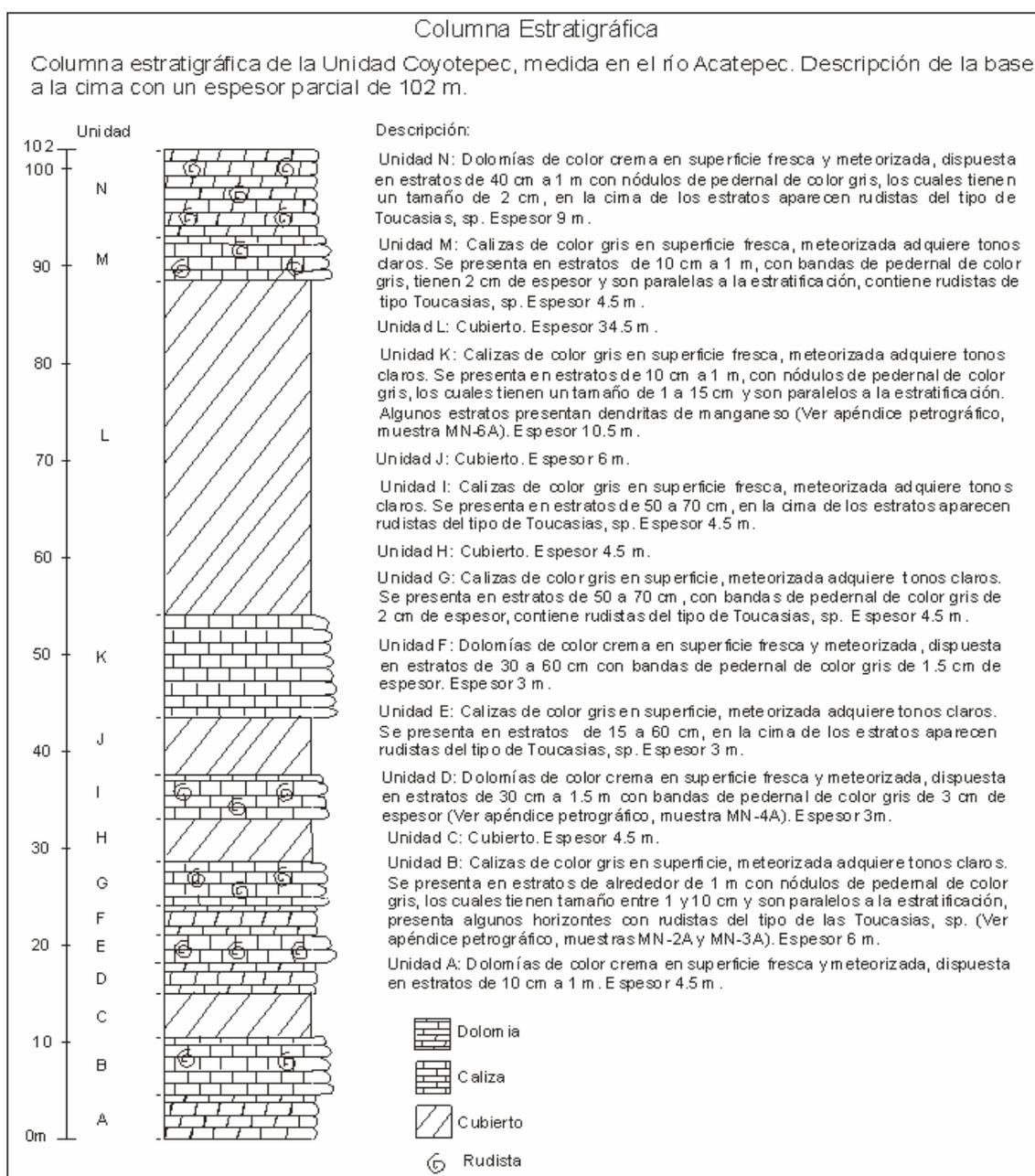


Figura 15. Columna estratigráfica de la Unidad Coyotepec medida en el Río Acatepec.

Rocas Intrusivas

Al sur de la Sierra de Santa Rosa aflora un intrusivo de composición andesítica emplazado en la Unidad Coyotepec. El intrusivo es de color gris claro a la intemperie y gris oscuro al fresco, masivo, su área de afloramiento es casi circular, los minerales observables con lupa son: plagioclasas, anfíboles y feldespatos. De acuerdo a las relaciones estratigráficas que guarda este cuerpo intrusivo consideramos que tiene una edad correspondiente al Cenozoico semejante a la edad que Calderón-García (1956) y Barceló-Duarte (1978) le asignan a las rocas ígneas de la región como son el Cerro Colorado, Cerro Acatepec y Cerro Ometepec.

Unidad Chimalayo

La Unidad Chimalayo es propuesta informalmente en el presente estudio y está compuesta por depósitos de travertino de color crema a la intemperie y tonos rosados al fresco, es poroso, constituido por carbonato de calcio (Figura 16), los cuales se formaron en antiguas zonas de lago lo que indica que el área en algún tiempo estuvo sumergida en agua dulce generándose después un levantamiento lo que explica su posición actual, al noreste del área de estudio se presentan terrazas como la que corona el Cerro Chimalayo del cual toma su nombre, y las formadas en la parte sur de la Sierra Santa Rosa (ver mapa geológico adjunto). El espesor de estos travertinos es de aproximadamente 50 m.



Figura 16. Depósitos de travertino donde se observan tallos silicificados de plantas en posición de crecimiento.

Depósitos de aluvión y suelos

La unidad está formada por materiales sueltos y caliche, que se encuentran en las zonas bajas como material de relleno, como producto de la erosión de rocas preexistentes, consisten en cantos y clastos subredondeados a redondeados de calizas, areniscas y conglomerados. El espesor de estos depósitos varía de unos cuantos decímetros hasta 6 m sobre todo en los cauces de los ríos. Debido a las características físicas y climáticas de la región, las unidades con pendiente suaves se encuentran cubiertas por caliche.

LA FALLA POZO HONDO

3

capítulo

III. LA FALLA POZO HONDO

III.1 DESCRIPCIÓN

La Falla Pozo Hondo es una estructura compleja con rumbo general N35°W, yuxtapone a la Unidad Coyotepec (Albiano-Cenomaniano), al Miembro Agua del Cordero (Barremiano), al Lente Xoconoxtle (Barremiano) y a un bloque pequeño del Complejo Acatlán (Paleozoico). Ésta discontinuidad tectónica se extiende a rumbo por aproximadamente 21 km, su extremo sureste se ubica a 4.5 km al noreste de Chazumba, Oax. Esta falla divide el área de estudio en dos bloques, en el bloque noreste está expuesto el Miembro Agua del Cordero y al bloque suroeste lo conforman el Complejo Acatlán, la Unidad Otlaltepec y la Unidad Coyotepec.

A lo largo de La Falla Pozo Hondo se observan varias estructuras enlazadas, entre las que destacan una serie de flexiones que se muestran en la Figura 17, las cuales describiremos de norte a sur: la primera es una flexión derecha (1) que se ubica a 1.5 km al oeste del poblado Santa Catarina Tehuixtla representada por una falla de tipo normal con rumbo N25°E y una longitud aproximada de 2 km; la segunda es una flexión derecha (2) que se ubica en el contacto por falla entre el Lente Xoconoxtle y la Unidad Coyotepec, ésta representada por una falla inversa con rumbo N70°W y tiene una longitud de 600 m (ver sección 3 en apéndice y mapa geológico adjunto); y la tercera es una flexión derecha (3) que se ubica a 1 km al suroeste del Cerro Chimalayo representada por una falla normal con rumbo norte-sur y una longitud de 800 m.

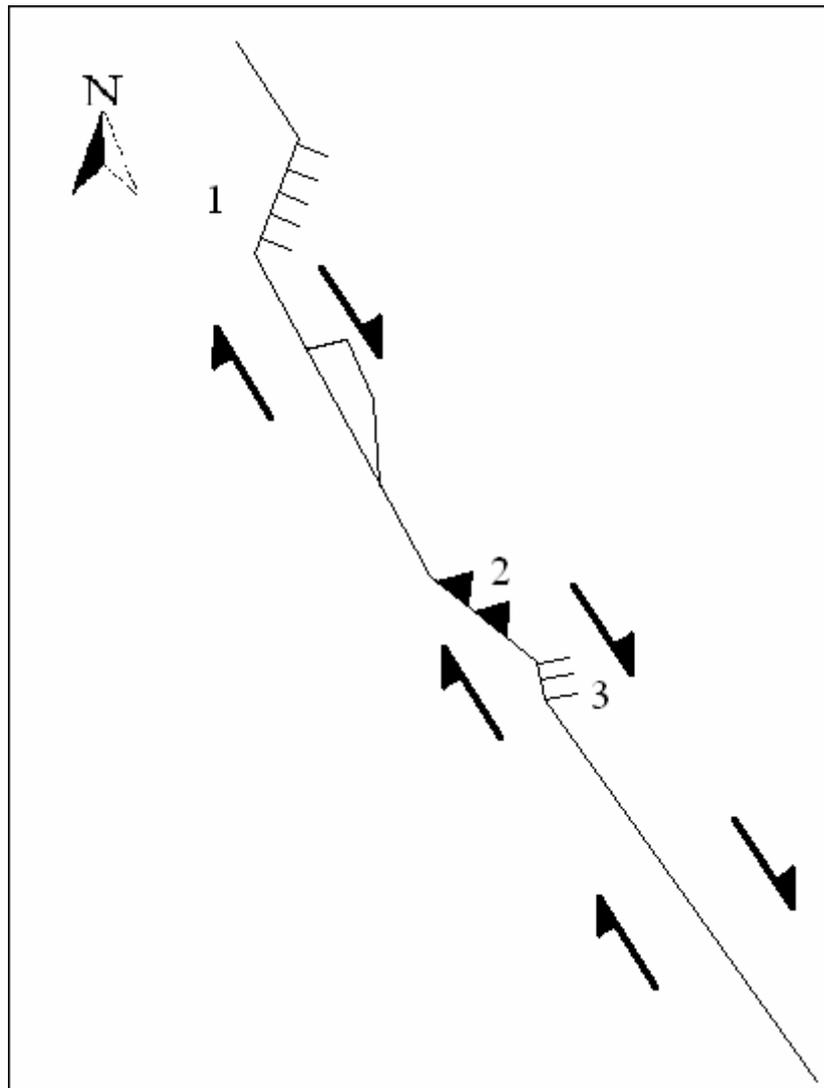


Figura 17. Esquema que muestra las flexiones que se encuentran a lo largo de La Falla Pozo Hondo.

Los datos estructurales varían en ambos bloques en el entorno de la zona de falla, el bloque suroeste forma un homoclinal con una inclinación general de 16° ; en la zona de falla la inclinación aumenta hasta los 25° aproximadamente, mientras que en el bloque noreste cerca de la falla los estratos llegan a tener una inclinación de aproximadamente 55° y mientras se aleja de la misma la inclinación disminuye a 25° (ver secciones en apéndice y mapa geológico anexo).

Parte de la falla se encuentra cubierta por suelo, lo que dificultó encontrar afloramientos en los cuales se observaran datos estructurales que aportaran mayor información al estudio. Otras estructuras importantes son la cuña del basamento que aflora al norte del área y la Falla Acatepec que aflora al sur.

Cuña Tectónica

Otra estructura que sobresale es la cuña del basamento que se encuentra ubicada a 3.7 km al suroeste del poblado Santa Catarina Tehuixtla, Pue., su afloramiento tiene forma casi trapezoidal, de 1.5 km de longitud y aproximadamente 400 m de ancho, el contacto de esta estructura con ambos bloques es por falla (ver sección 1 y 6 en apéndice y mapa geológico adjunto), con el bloque suroeste es una falla de tipo inversa y con el bloque noreste el contacto es por falla lateral y una falla inversa en su extremo norte. El origen de esta cuña es incierto pero se infiere que fue desprendida del basamento en alguna de las dos fases de deformación que experimentó La Falla Pozo Hondo.

Falla Acatepec

En el Miembro Agua del Cordero se observa una falla de tipo normal que en el presente trabajo se le nombró Falla Acatepec (ver sección 4 en apéndice y mapa geológico anexo), tiene un rumbo N30°W-S30°E, casi paralela a La Falla Pozo Hondo con una longitud aproximada de 2.5 km., de edad Post-Barremiana; la magnitud del salto de la falla se desconoce. La Falla Acatepec se observa a 130 m al noreste de La Falla Pozo Hondo, el bloque de piso se encuentra al noreste y el bloque de techo al suroeste en el área de estudio.

III. 2 CINEMÁTICA

A lo largo de millones de años el área del Terreno Mixteco ha sufrido grandes cambios tectónicos y diferentes procesos de sedimentación, los cuales le han dado la morfología que actualmente posee. En el área de estudio se observan

distintas estructuras generadas por los eventos geológicos antes mencionados, como los pliegues que se observan a lo largo de la Sierra Santa Rosa, en el Miembro Agua del Cordero y al noreste fuera del área de estudio; fallas de menor importancia como la Falla Acatepec y estructuras de mayor relevancia como La Falla Pozo Hondo que se estudió en este trabajo.

El desplazamiento de La Falla Pozo Hondo es complejo como se mencionó antes, ya que ésta fue afectada por dos eventos de deformación (Figura 18), el primero como una falla normal de edad Barremiana y el segundo como una reactivación que originó una falla lateral con componente normal que ocurrió posteriormente al Albiano-Cenomaniano.

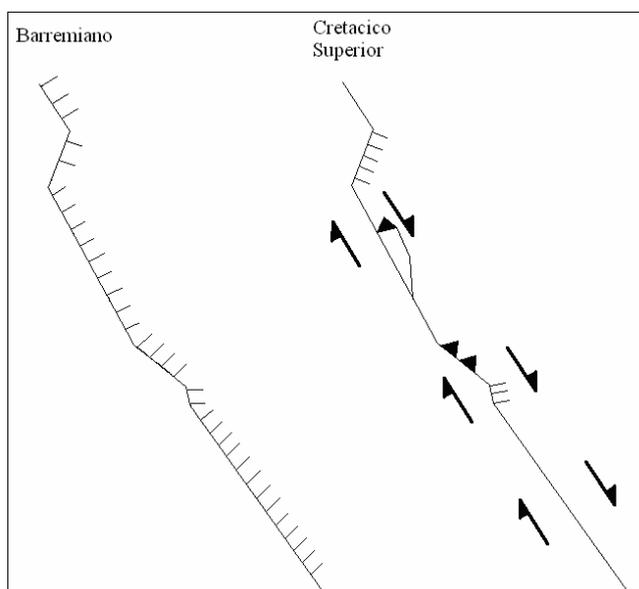


Figura 18. Eventos de deformación de La Falla Pozo Hondo

Para una mejor comprensión del área de estudio, se determinó dividirla en dos sectores donde el límite es marcado por La Falla Pozo Hondo, ambos sectores están representados por las diferentes relaciones estructurales, las cuales pueden ser explicadas con un movimiento normal que ocurrió en el Barremiano, dicho movimiento originó la depresión en donde se depositó el Miembro Agua del Cordero; esto se puede inferir por el cambio en la secuencia estratigráfica entre el sector suroeste y el sector noreste; la edad de la falla normal es Barremiana pues cuando esta ocurrió en bloque noreste empezó a

depositarse el Miembro Agua del Cordero en la depresión que se formó. Debido a que ya no existen vestigios por la reactivación de la falla, no es posible determinar la magnitud del salto ni la longitud original de la falla normal.

La reactivación de la falla fue de tipo lateral derecha y la principal evidencia de dicho movimiento se determinó en base a las flexiones descritas con anterioridad representadas por las fallas normales e inversa a lo largo de la traza de La Falla Pozo Hondo.

Dentro de las evidencias que se tienen sobre la reactivación son las fracturas tomadas en las calizas de la Sierra de Santa Rosa (ver datos tomados en apéndice), dichas fracturas se tomaron en las faldas del Cerro La Palma y en el Río Acatepec; con base en el software StereoNett se obtuvieron las direcciones preferenciales de los sistemas de fracturas de ambos afloramientos (Figura 19) las cuales son congruentes con el desplazamiento lateral derecho de la Falla Pozo Hondo.

Otra evidencia de la reactivación lateral derecha con componente normal son las estrías laterales y normales tomadas en el Miembro Agua del Cordero sobre el Río Pozo Hondo, así mismo con ayuda del software StereoNett se pudo interpretar que ocurrieron dos movimientos uno lateral y uno normal como se muestra en las Figuras 20 y 21, concluyendo que se trata de una falla lateral derecha con componente normal. La edad que le asignamos a este movimiento es Cretácico Superior debido a que está falla afecta a la Unidad Coyotepec del Albiano-Cenomaniano.

De acuerdo con lo observado en campo y los datos obtenidos con la red estereográfica se determinó que La Falla Pozo Hondo es de tipo lateral derecha con componente normal; el bloque noreste está representado por el Miembro Agua del Cordero (Barremiano), Lente Xoconoxtle (Barremiano) y la cuña de esquisto del Complejo Acatlán (Paleozoico) y el bloque suroeste está constituido por el basamento y la sucesión compuesta por la Unidad Otlaltepec (Jurásico Medio) y la Unidad Coyotepec (Albiano-Cenomaniano).

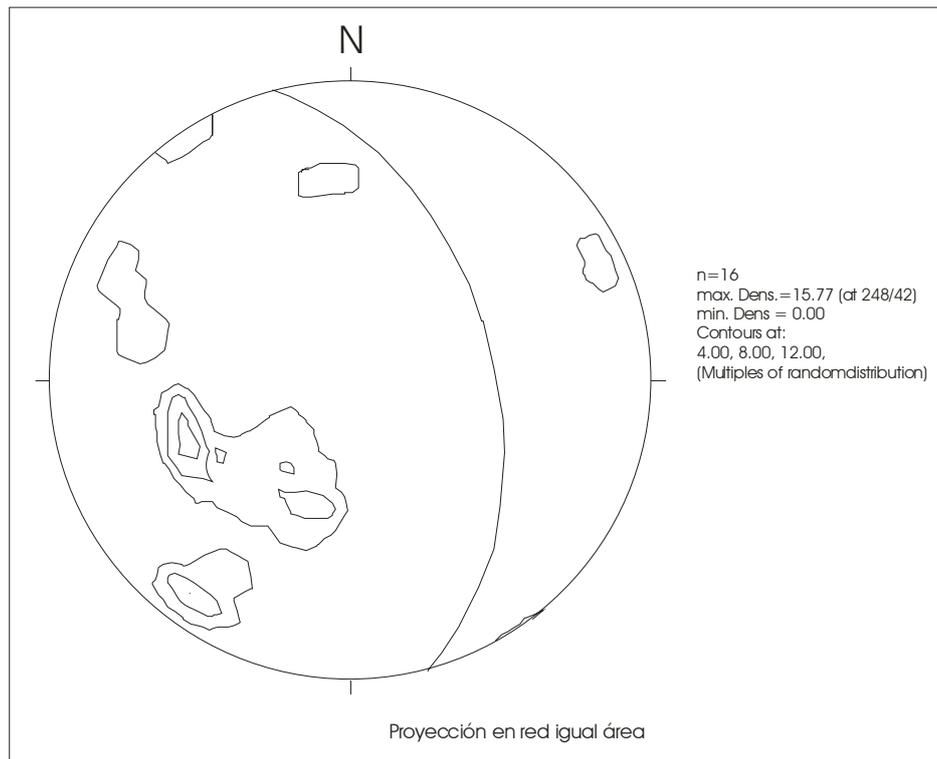


Figura 20. Polos de los planos de falla tomados en el Miembro Agua del Cordero sobre el Río Pozo Hondo que pasa sobre la cuña de basamento. Las dos familias de estrías que presentan se pueden observar en la Figura 21.

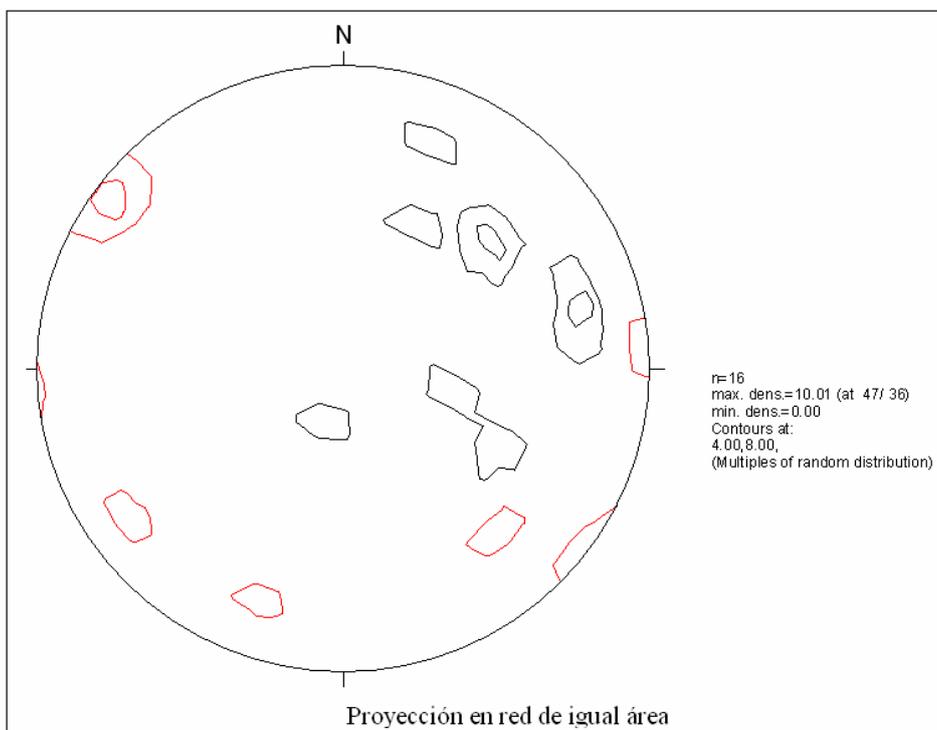


Figura 21. Estrías normales (negro) y laterales (rojas) tomadas en el Miembro Agua del Cordero sobre el Río Pozo Hondo.

Indicadores cinemáticos de la Falla Acatepec

La Falla Acatepec ubicada a 130 m al noreste de La Falla Pozo Hondo, presenta estrías con indicadores cinemáticos de arrastre (Figura 22) tomadas sobre el Río Acatepec y la Barranca Sacachiche; en las Figuras 23 y 24 se presentan los diagramas estereográficos que se obtuvieron mediante el software StereoNett, dando como resultado que tiene una componente normal (Figuras 23 y 24), la edad que le asignamos es post-Barremiana debido a que afecta únicamente al Miembro Agua del Cordero de edad Barremiana, donde el bloque de piso se encuentra al noreste y el bloque de techo al suroeste, el salto y magnitud no se pudo determinar.



Figura 22. Estrías tomadas en la Barranca Sacachiche (Miembro Agua del Cordero), los indicadores cinemáticos de arrastre muestran un movimiento normal.

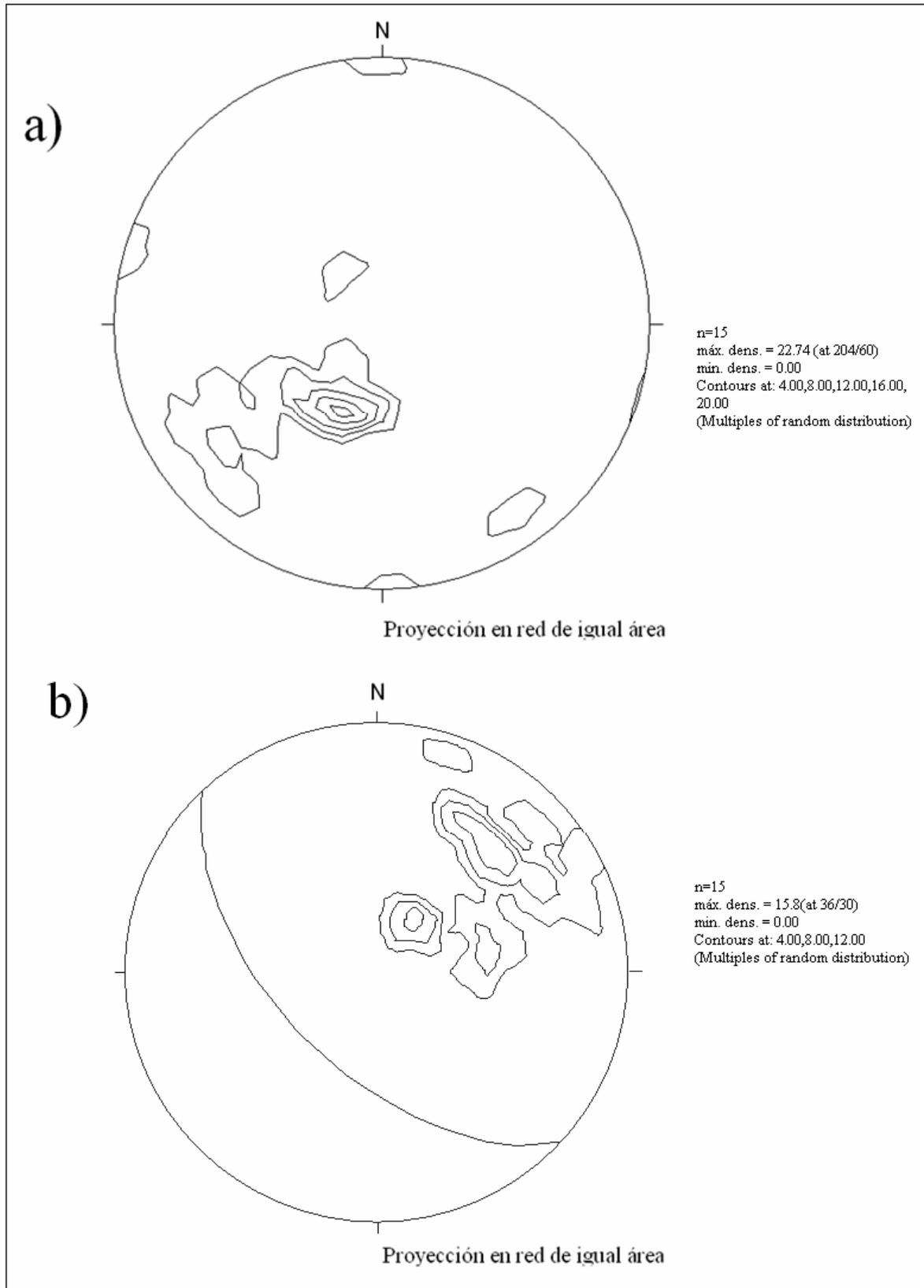


Figura. 23. Estrías (a) y Polos de superficie de falla (b) medidos en la traza de la Falla Acatepec sobre el Río Acatepec.

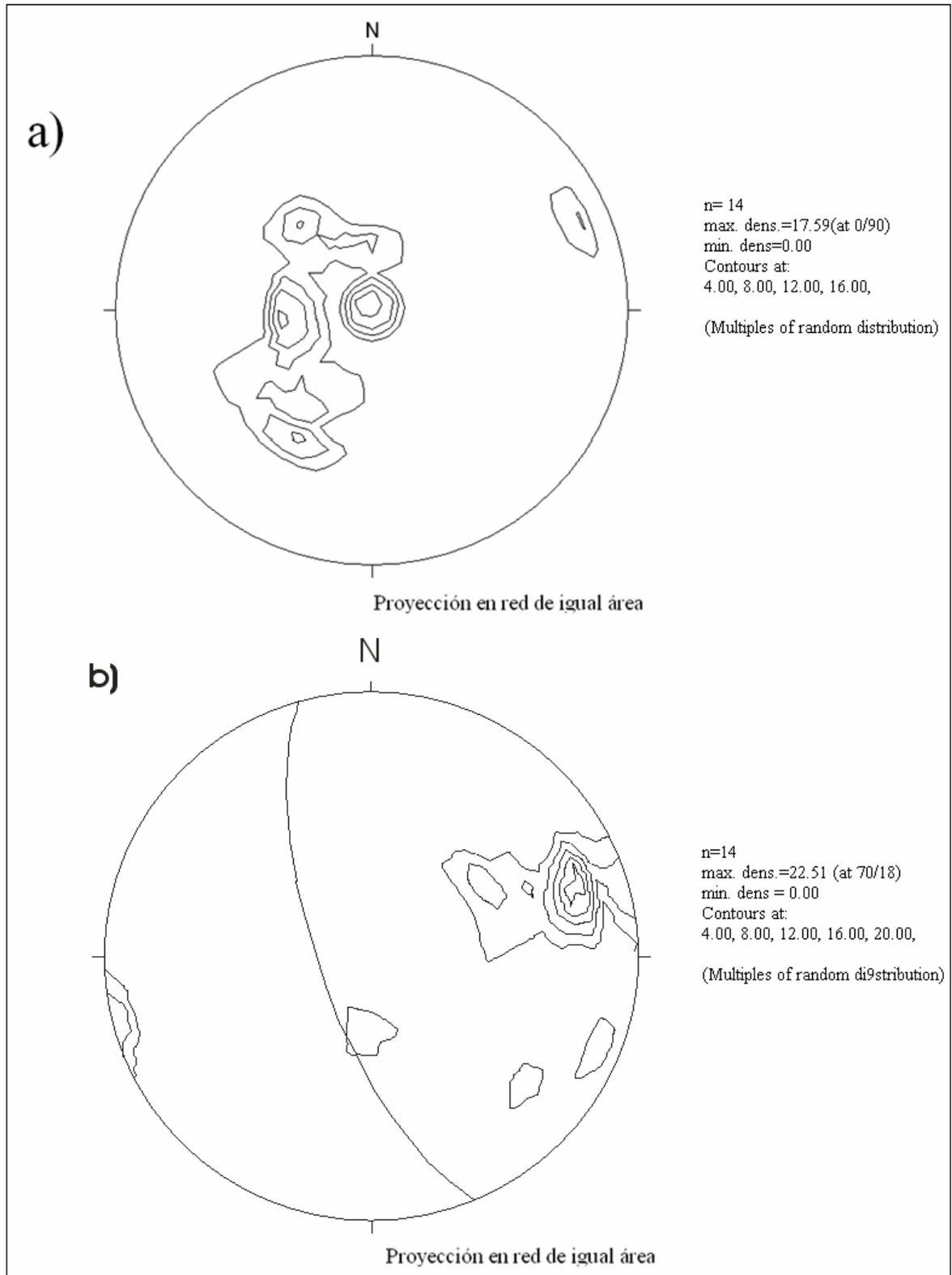


Figura 24. Estrías (a) y Polos de superficie de falla (b) de la Barranca Sacachiche.

Discusión

Como se comentó con anterioridad Calderón-García (1956) (Figura 26a) fue el primero en mencionar La Falla Pozo Hondo a la cual la consideró de tipo inversa debido a que en el bloque de techo reconoció a la Formación Agua del Cordero del Barremiano y en el bloque de piso a la sucesión calcárea que denominó Formación Cipiapa del Cretácico Medio. La interpretación estructural de Calderón (1956) está basada en la posición estratigráfica de las unidades yuxtapuestas por la falla.

La descripción de Calderón-García (1956) resulta ser muy local, debido a que sólo se basó en el contacto observado en el Río Acatepec y Pozo Hondo entre el Miembro Agua del Cordero (Barremiano) y la Unidad Coyotepec (equivalente a la Formación Cipiapa del Cretácico Medio).

Lo observado en el Río Acatepec se puede interpretar como una falla inversa, basándose en las edades de las formaciones y en sus datos estructurales pero cerca del contacto se observan a las calizas plegadas como se ilustra en la Figura 25. El contacto estructural no se considera que es de tipo inverso ya que de ser así no se observaría el plegamiento de las calizas, ni un ángulo tan alto en el conglomerado. La explicación que se da a ésta falla inversa y a otras que se presentan a lo largo de la falla se debe al mismo movimiento de la falla lateral con componente normal que al desplazarse lateralmente en condiciones transpresivas genera estas estructuras.

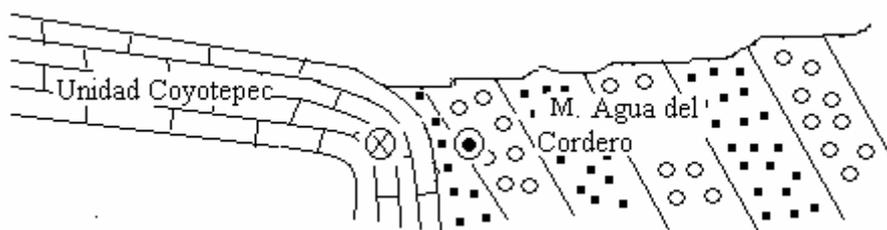


Figura. 25. Corte suroeste-noreste sobre el Río Acatepec.

Ortega-Guerrero (1989) describe a La Falla Pozo Hondo como una falla normal a la cual denomina como Falla Quebrantadero para la cual considera en el bloque de techo a las Calizas Coyotepec y como bloque de piso a la Unidad Pozo Hondo conglomerado con clastos calcáreos que considera del Terciario (Figura 26b).

Hacia el norte Ortega-Guerrero (1989) describe al Miembro Agua del Cordero como Conglomerado Pozo Hondo y lo atribuye al Terciario con base en la presencia de clastos de caliza que supone proceden de la Unidad Coyotepec. Ésta aseveración es incorrecta ya que en este estudio se demostró que los clastos de Miembro Agua del Cordero no provienen de la Unidad Coyotepec.

Al ratificar la procedencia del Miembro Agua del Cordero, se desecha la interpretación de Ortega-Guerrero (1989) ya que ésta se sustenta en asignarle una edad Terciaria a la Unidad Pozo Hondo y por lo tanto consideraba a La Falla Pozo Hondo Cenozoica y de carácter normal.

Martínez-Amador, et al. (2001), (Figura 26c) reportan a La Falla Pozo Hondo como una falla normal a la cual nombran Falla Pila que yuxtapone a la Formaciones Miahuatepec de edad Cretácico Medio (Aquí Unidad Coyotepec) en el bloque de techo, con una sucesión compuesta por las formaciones Tecmazuchil de edad Jurásica, San Juan Raya del Cretácico Inferior y Zapotitlán del Cretácico Inferior, las cuales consideran expuestas en el bloque de piso, de tal forma interpretan una falla normal con bloque caído hacia el poniente.

Con respecto a lo propuesto por Martínez-Amador et al. (2001) su interpretación es incorrecta ya que lo reportado en estudios previos y lo reconocido en este trabajo, documenta que el bloque noreste está constituido por intercalaciones de areniscas y conglomerado pertenecientes al Miembro Agua del Cordero de edad Barremiana, mientras que ellos los reportan como pertenecientes a tres formaciones: Tecmazuchil (Jurásico Medio), San Juan

Raya y Zapotitlán (Cretácico Inferior), con lo cual se demuestra que su interpretación es equivocada.

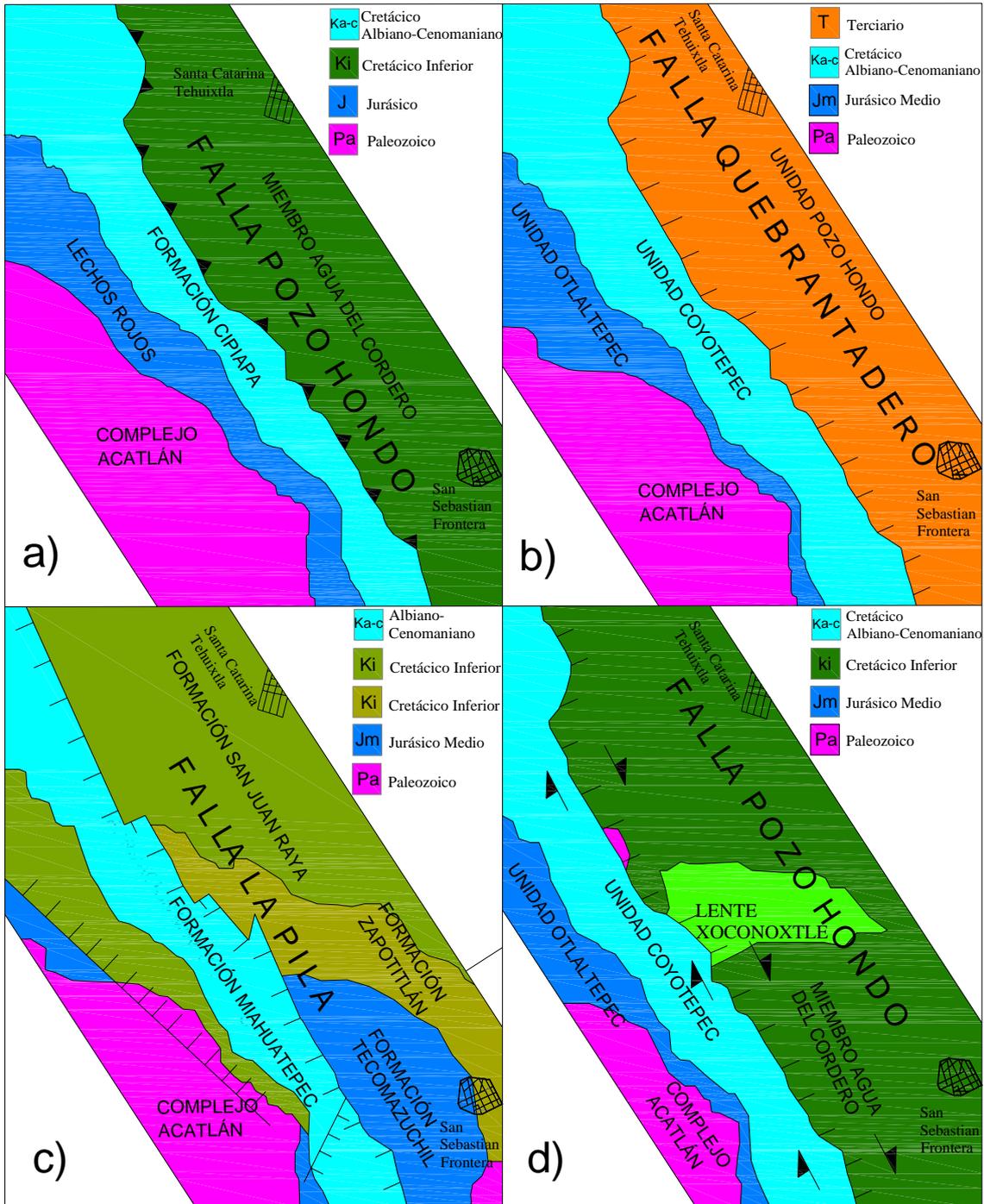


Figura. 26. Diferentes interpretaciones estratigráficas y estructurales del área de estudio. a) Calderón García (1956) b) Ortega-Guerrero (1989) c) Martínez Amador et al. (2001) d) interpretación de la falla en el presente estudio.

CONCLUSIONES

4

capítulo

IV. Conclusiones.

Estratigráficas

- En el área afloran 8 unidades estratigráficas que van del Paleozoico hasta el Reciente: Complejo Acatlán (Paleozoico), Unidad Otlaltepec (Jurásico Medio), Miembro Agua del Cordero (Barremiano), Lente Xoconoxtle (Barremiano), Unidad Coyotepec (Albiano-Cenomaniano), Intrusivo andesítico (Cenozoico), Unidad Chimalayo (Cenozoico) y Aluvión (Cuaternario).
- Se definió informalmente al Lente Xoconoxtle contenido en el Miembro Agua del Cordero perteneciente a la Formación Zapotitlán.
- Se definió informalmente a la Unidad Chimalayo.
- Mediante caracterización petrográfica se determinó que los clastos calcáreos del Lente Xoconoxtle y del Miembro Agua del Cordero no proceden de la Unidad Coyotepec y que la fuente de estos es una unidad que se erosionó y que está atestiguada por estos clastos. El Lente Xoconoxtle tiene un contenido grande de clastos de caliza, los cuales se encuentran deformados, probablemente se acumularon como clastos blandos antes de su litificación.

Estructurales

- La Falla Pozo Hondo es una estructura mayor con una longitud aproximada de 21 km y de rumbo N35°W que yuxtapone dos sucesiones claramente diferentes: El bloque del suroeste involucra al basamento (Complejo Acatlán), sobre el cual se acumuló una unidad clástica (Unidad Otlaltepec) y sobre ésta la Unidad Coyotepec. Mientras que en el bloque noreste se reconoce al Miembro Agua del Cordero del Barremiano junto con su Lente Xoconoxtle pertenecientes a la Formación Zapotitlán. Entre los bloques se presenta una cuña tectónica pequeña formada por el Complejo Acatlán. La traza de la estructura no es completamente lineal de tal forma que presentan 3 flexiones, en las cuales se observan componentes normales e inversas.

-
- Sobre el Río Acatepec en el Miembro Agua del Cordero a 130 m de La Falla Pozo Hondo se encuentra la Falla Acatepec que es de tipo normal con dirección N30°W-S30°E y una longitud de 2.5 km., de edad Post-Barremiana donde el bloque de piso se encuentra al noreste y el bloque de techo al suroeste, de la cual no se pudo obtener el salto ni la magnitud.

Cinemáticas

- La Falla Pozo Hondo ha experimentado desplazamientos cuando menos en dos etapas de deformación con condiciones cinemática distintas: normal y lateral derecho con componente normal.
- La primera fue provocada por un evento extensional de edad Barremiana de la cual quedó como evidencia las diferentes relaciones estructurales en ambos bloques, las cuales pueden ser explicadas con un movimiento normal que originó una depresión donde se depositó el Miembro Agua del Cordero.
- El segundo evento ocurrió posteriormente a la acumulación del Miembro Agua del Cordero, tal vez en el Cretácico Superior con un desplazamiento lateral derecho que tiene como evidencias el fracturamiento medido en la sucesión calcárea de la Unidad Coyotepec en el Cerro la Palma y el Río Acatepec que indican el movimiento lateral, la falla inversa y fallas normales a lo largo de La Falla Pozo Hondo y la cuña del Complejo Acatlán el cual fue desprendido del basamento, estas evidencias muestran el movimiento lateral derecho, así como los datos de estrías tomadas en el Río Pozo Hondo que confirman el movimiento lateral derecho con componente normal de la falla.

Bibliografía.

Barceló-Duarte, J., 1978. Estratigrafía y petrografía de San Juan Raya. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura.

Calderón-García, A., 1956. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya. XX Congreso Geológico Internacional. Excursión A-11.

de Cserna, Z., Ortega-Gutiérrez, F., Palacios-Nieto, M., 1980. Reconocimiento geológico de la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla. Sociedad Geológica Mexicana, Libro-guía de la excursión geológica a la cuenca del alto Río Balsas, p. 1-33.

Elías-Herrera, M., Ortega-Gutiérrez, F., Sánchez-Zavala, J.L., Macías-Romo, C., Ortega-Rivera, A., Iriando, A., 2005. La falla de Caltepec: raíces expuestas de una frontera tectónica de larga vida entre dos terrenos continentales del sur de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario, Grandes Fronteras Tectónicas de México. Tomo LVII, no. 1, p. 83-109.

Folk, R.L., 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. Reprinted from the New Zealand Journal of Geology and Geophysics, vol. 13, no. 4.

INEGI, 1991. Datos Básicos de la Geografía de México.

INEGI, 1998. Hoja Orizaba E14-6. Carta topográfica a escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

- López-Ticha, D., 1985. Revisión de la estratigrafía y potencial petrolero de la cuenca de Tlaxiaco. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. XXXVII, no. 1.
- Martínez-Amador, H., Zarate-Barradas, R., Loeza-García, J.P., Saenz-Pita, R., Cardozo-Vásquez, E.A., 2001. Carta Geológico-Minera Orizaba E14-6 Veracruz, Puebla y Oaxaca. Servicio Geológico Mexicano.
- Mendoza-Rosales, C.C., 2009. Análisis tectonosedimentario de las cuencas sedimentarias del Jurásico Superior-Cretácico Inferior en el sector Tehuacán-Frontera, sur de Puebla, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis doctoral, en proceso.
- Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Ortega-Gutiérrez, F., 1995. Estructura interna de la Falla de Oaxaca (México) e influencia de las anisotropías litológicas durante su actividad Cenozoica. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 2, no. 1, p. 18.
- Ortega-Guerrero, B., 1989. Paleomagnetismo y geología de las unidades clásticas Mesozoicas del área Totoltepec-Ixcaquixtla, estados de Puebla y Oaxaca. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Maestría. Inédita.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1978. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. Revista vol.2, no. 2, p. 112-131. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología,.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1990. Acapulco trench to the Gulf of Mexico across southern Mexico. Geological Society of America. Vol. H-3

Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez, F., Speed, R. C., 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Boulder, Geological Society of America Special Paper, 278.

Silva-Romo, G., 2008. Guayape-Papalutla fault system: A continuous Cretaceous structure from southern Mexico to the Chortís block? Tectonics implications. *Geology*, vol. 36, no. 1, p. 75-78.

Tolson, G., 2005. La falla Chacalapa en el sur de Oaxaca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Grandes fronteras Tectónicas de México. Tomo LVII, no. 1, 2005, p. 111-122.*

Referencias WEB.

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/fisiografia/provincias.gif>

<http://www.sma.df.gob.mx/tlalocan/ganadoresweb/segundo/mapac.html>

Apéndices.

En este estudio se midió una sección de la Unidad Coyotepec en el Río Acatepec a partir de 14Q0637870 mE, 2018902mN; se obtuvo un espesor expuesto de 102 m, a continuación se describe la columna medida en ésta localidad a partir de la base:

Columna estratigráfica de la Unidad Coyotepec (Cretácico Medio)

Espesor (m)	Litología
4.5	Dolomías de color crema en superficie fresca y meteorizada, compactas, presentan huellas de disolución y fracturamiento relleno de calcita en diversas direcciones, dispuesta en estratos con espesores entre 10 cm y 1 m.
6	Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, presenta fracturas rellenas de calcita así como nódulos de pedernal de color gris, los cuales tienen tamaño entre 1 a 10 cm, se encuentran alineados conforme la estratificación; presenta algunos horizontes con rudistas del tipo de las Toucasias, sp., se encuentra dispuesta en estratos con espesores de 1m. La unidad incluye estratos de packstone de foraminíferos (Ver apéndice petrográfico, muestras MN-2A y MN-3A).
4.5	Cubierto
3	Dolomía color crema al fresco y meteorizada, compactas, presenta huellas de disolución y fracturamiento el cual está relleno de calcita. Se presenta en estratos de alrededor de 30 cm a 1.5 m con bandas de pedernal de 3 cm de espesor. La unidad incluye estratos de packstone de foraminíferos (Ver apéndice petrográfico, muestra MN-4A).
3	Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, en los primeros niveles se encuentran con contenido fósil alto (Tucasea) igualmente con fracturas rellenas de calcita, ciertos niveles se encuentran dolomitizados y posteriormente se encuentra de nuevo calizas sin fósiles los espesores de los estratos varían de 15 a 60 cm.

-
- 3 Dolomías de color crema en superficie al fresco y meteorizada, compactas, se presenta en estratos de alrededor de 30 a 60 cm con horizontes de pedernal de 1.5 cm de espesor, paralelos a la estratificación.
- 4.5 Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, se presenta en estratos que varían entre 50 a 70 cm de espesor con bandas de pedernal de tamaño de 2 cm paralelas a la estratificación, presenta fracturamiento relleno de calcita en varias direcciones, contiene rudistas del tipo de Toucasias, sp.
- 4.5 Cubierto
- 4.5 Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, presenta fracturamiento relleno de calcita en varias direcciones, se presenta en estratos que varían entre 50 a 70 cm de espesor, contiene rudistas del tipo de Toucasias, sp.
- 6 Cubierto
- 10.5 Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, presenta fracturas rellenas de calcita así como nódulos de pedernal paralelos a la estratificación del tamaño de 2 cm. La base de algunos estratos contienen dendritas de manganeso; los estratos varían entre 10 cm a 1 m de espesor. La unidad incluye estratos de mudstone de miliolidos (Ver apéndice petrográfico, muestra MN-6A).
- 34.5 Cubierto
- 4.5 Calizas de color gris en superficie fresca, meteorizada adquiere tonos claros, compactas, se presenta en estratos que varían entre 10 cm a 1 m de espesor con bandas de pedernal de tamaño de 2 cm paralelas a la estratificación, tiene fracturas rellenas de calcita, contiene rudistas del tipo de Toucasias sp.
- 9 Dolomías de color gris en superficie fresca y meteorizada, compactas, se presenta en estratos que varían entre 40 cm a 1 m de espesor, con nódulos de pedernal orientados paralelos a la estratificación, contiene rudistas del tipo de Toucasias, sp. Tiene fracturas rellenas de calcita en varias direcciones.
- Total
102 m

Anexo Petrográfico. Tabla 1. Petrografía de la Unidad Coyotepec y Miembro Agua del Cordero.

No. de Muestra	Localidad Coordenadas UTM	Formación	Descripción Megascópica	Descripción Microscópica		Clasificación 1. Dunham 2. Folk	Fósiles	Ambiente
				Componente	%			
MN-2A	Inicio de la columna: 14Q 0637870 mE 2018902 mN (4.5-10.5 m)	Cipiapa	Caliza color gris con nódulos de pedernal.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles Pellets	40 30 3 50 7	1. Packstone de foraminíferos 2. Biomicrita	Foraminíferos	Plataforma somera
MN-3A	(4.5-10.5 m)	Cipiapa	Caliza color gris con nódulos de pedernal.	Micrita Espatita Fósiles	65 10 25	1. Packstone de foraminíferos 2. Biomicrita	Foraminíferos	Plataforma somera
MN-4A	(15-18 m)	Cipiapa	Dolomías de color crema con bandas de pedernal.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles	55 15 20 10	1. Packstone de foraminíferos 2. Biomicrita	Foraminíferos	Plataforma somera
MN-6A	Fin de la columna: 14Q 0638137 mE 2019018 mN (43.5-54 m)	Cipiapa	Caliza color gris con nódulos de pedernal, en la base de algunos estratos presenta detritos de manganeso.	Micrita Espatita Fósiles	60 20 20	1. Mudstone de miliolidos 2. Micrita fosilífera	Foraminíferos Esponja	Plataforma somera
MN-14	14Q0636439 mE 2024270mN	Lente Xoconoxtle	Conglomerado con clastos de caliza y esquisto en matriz de arena media.	Frag. De roca (esquisto, caliza) Feldespato Cuarzo	70 5 25	Calclitarudita	Esponja	Plataforma somera
MN-23	14Q0638939 mE 2019469 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles	60 25 5 10	1. Mudstone 2. Micrita fosilífera	Algas Gasterópodos Radiola Molusco	Plataforma somera
MN-25	14Q0639025 mE 2019591 mN	Agua del Cordero	Conglomerado con clastos de caliza y esquisto en matriz de arena media.	Frag. De roca (esquisto, caliza) Feldespato Cuarzo	30 5 65	Phylarudita	Equinodermo	Plataforma somera

Continuación de anexo petrográfico

MN-27	14Q0639276 mE 2019921 mN	Agua del Cordero	Conglomerado con clastos de caliza y esquistos en matriz de arena media.	Frag. De roca (esquistos, caliza) Feldespatos Cuarzo	35 5 60	Calclitarudita		
MC-15	14Q0639068 mE 2019397 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles	45 25 10 20	1. Packstone de foraminíferos 2. Biomicrita	Gasterópodos Algas Foraminífero	Plataforma somera
CMC-1A	14Q0639296 mE 2019726 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Pellets Fósiles	20 5 15 45 15	1. Wackestone de pellets 2. Pelmicrita	Cefalópodo Equinodermos Foraminíferos	Plataforma somera
CMC-1B	14Q0639296 mE 2019726 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles	50 5 25 20	1. Packstone 2. Biomicrita	Equinodermos Crinoides	Plataforma somera
ME-5A	14Q0639563 mE 2020047 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Fósiles	45 5 50	1. Packstone de foraminíferos 2. Biomicrita	Foraminíferos Gasterópodos	Plataforma somera
ME-5B	14Q0639563 mE 2020047 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Fósiles	55 10 20 15	1. Packstone 2. Biomicrita	Gasterópodo Equinoide	Plataforma somera
ME-5C	14Q0639563 mE 2020047 mN	Agua del Cordero	Clasto de caliza de color gris, redondeado.	Micrita Espatita Intraclastos Pellets Fósiles	55 5 15 5 20	1. Mudstone 2. Micrita fosilífera	Gasterópodo Foraminífero Equinodermos	Plataforma somera
M-53	14Q0634699 mE 2023664	Lente Xoconoxtle	Clasto de caliza gris, subredondeado.	Micrita Espatita Fósiles	60 20 20	1. Mudstone 2. Micrita fosilífera	Gasterópodos Foraminífero	Plataforma somera
M-57	14Q0634433 mE 2023304	Lente Xoconoxtle	Conglomerado con clastos de caliza y esquistos en matriz de arena media.	Frag. De roca (esquistos, caliza). Cuarzo	80 20	calclitarudita	Equinodermos	Plataforma somera

Tabla 2. Tamaño máximo, mínimo y más abundante de los clastos de caliza en el Miembro Agua del Cordero

	MN-23 14Q0638939 mE 2019469 mN		MN-24 14Q0638990 mE 2019500 mN		MN-25 14Q0639025 mE 2019591 mN		MN-26 14Q0639126 mE 2019188 mN		MN-27 14Q0639276 mE 2019921 mN		MN-28 14Q0639515 mE 2020029 mN		MN-29 14Q0639575 mE 2020038 mN	
	Tamaño (mm)	%												
Mínimo	1	13	2	4	3	7	6	8	3	8	3	3	5	3
Máximo	15	24	60	4	60	9	100	8	40	11	40	7	15	12
Abundante	5	25	10	47	15	18	10	30	25	14	20	31	100	5

	MN-47 14Q0640049 mE 2019914 mN		MN-46 14Q0640384 mE 2019852 mN		MN-44 14Q0640491 mE 2019667 mN		MN-35 14Q0640468 mE 2019857 mN		MN-34 14Q0640666 mE 2019929 mN		MN-33 14Q0640830 mE 2019976 mN		MN-32 14Q0641542 mE 2020182 mN	
	Tamaño (mm)	%												
Mínimo	2	3	4	7	2	4	4	2	4	2	2	4	2	6
Máximo	33	3	65	4	85	4	70	2	70	2	55	4	50	9
Abundante	3	17	20	15	10	14	20	34	20	34	5	23	10	13

	MN-31 14Q0641608 mE 2020232 mN	
	Tamaño (mm)	%
Mínimo	2	7
Máximo	40	3
Abundante	7	22

Tabla 3. Proporción de clastos en el Miembro Agua del Cordero

	MN-23	MN-24	MN-25	MN-26	MN-27	MN-28	MN-29	MN-47	MN-46	MN-44	MN-35	MN-34	MN-33	MN-32	MN-31
% Qz	46	41	27	44	42	44	28	39	41	42	42	42	35	30	38
% Cz	8	27	41	12	23	26	32	34	26	26	35	35	25	30	24
% Esquisto	21	22	20	26	26	23	40	18	30	21	23	3	20	9	19
% Arenisca	---	---	---	3	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---
% Matriz	25	10	12	18	6	7	---	9	3	11	---	---	20	31	19
Distancia (m)	920	980	1060	1250	1440	1700	1780	2180	2340	2360	2420	2660	2800	3520	3580

Fracturas tomadas en la Sierra Santa Rosa

S30°W,47°	S41°W,65°	N55°W,65°	N5°E,70°
S38°W,53°	S64°E,67°	S48°W,60°	N85°E,68°
S42°W,55°	S65°W,52°	N53°W,62°	S20°W,83°
N41°E,57°	S44°W,54°	N58°W,70°	S45°W,53°
S54°W,55°	S63°E,68°	S43°W,54°	S48°W,57°
S46°W,57°	S44°W,33°	S70°E,76°	S45°E,70°
N64°W,64°	S45°W,58°	S62°E,64°	S45°W,65°
S66°E,73°	S52°W,61°	N60°W,74°	S50°E,72°
S50°W,45°	S64°E,68°	S65°E,62°	N65°W,85°
S41°W,56°	S48°W,55°	N65°W,64°	S45°E,81°
S38°W,55°	S66°W,49°	S70°E,68°	S56°E,70°
N65°W,82°	N66°W,82°	S80°E,65°	S9°W,67°
S45°E,45°	N18°E,66°	S75°E,62°	

Fracturas tomadas en el Río Acatepec

S57°W,75°	N80°W,73°	N85°E,80°	S62°W,52°
S64°W,60°	N89°E,73°	S80°E,72°	N89°E,75°
N63°E,56°	N80°E,83°	N55°E,62°	N72°W,80°
N25°E,69°	S28°W,44°	S42°W,84°	N87°W,82°
N34°E,83°	N60°E,66°	S70°W,68°	S55°W,47°
S72°W,73°	N60°E,80°	S89°W,70°	N78°E,69°
N87°E,85°	N70°E,59°	N80°E,80°	S66°W,54°
N85°W,72°	N78°E,85°	N85°E,83°	S84°E,74°
S76°W,90°	N70°W,70°	N77°W,79°	N77°W,79°
S46°W,88°	S179°E,46°	N71°W,75°	N79°E,65°
N37°W,45°	N82°W,69°	N85°E,79°	N50°E,60°
N68°W,79°	S35°W,51°	S85°E,80°	
N83°E,79°	N89°E,70°	N50°E,62°	

Estrías tomadas en el Río Pozo Hondo

N72°W,42°,144°	N47°W,22°,110°	S25°E,80°,80°	N50°W,43°,175°
N85°E,57°,2°	N28°W,50°,123°	N15°W,50°,38°	N14°E,60°,88°
N70°W,31°,135°	N37°W,32°,84°	N55°E,87°,163°	N25°E,73°,158°
N17°W,44°,105°	N54°W,82°,43°	N58°W,64°,4°	N55°W,75°,10°

 Estrías tomadas en el Río Acatepec

S72°E,80°,176°	S30°E,85°,110°	S45°E,55°,17°	S11°E,42°,66°
S179°E,31°,179°	S58°E,19°,117°	S30°E,35°,95°	S24°E,62°,69°
S62°E,62°,73°	S56°E,18°,97°	S59°E,58°,85°	S44°E,75°,90°
S45°E,53°,98°	S18°E,75°,69°	S33°E,62°,84°	

Estrías tomadas en la Barranca Sacachiche

N14°W,90°,87°	S18°E,72°,68°	S10°E,41°,77°	N86°W,23°,147°
S12°E,68°,97°	S25°E,77°,126°	S33°E,47°,66°	N22°W,80°,110°
S13°E,56°,80°	S19°E,69°,89°	S15°E,89°,92°	
S21°E,66°,95°	S40°E,39°,80°	S40°W,64,97°	

Secciones geológicas que ilustran la Falla Pozo Hondo

Con base en el mapa geológico se realizaron 7 secciones geológicas en las cuales se presenta nuestra interpretación de cómo se observaría a profundidad La Falla Pozo Hondo y el Lente Xoconoxtle. No se dibujó el basamento en el bloque noreste debido que no se sabe con certeza el espesor del Miembro Agua del Cordero.

Sección 1: Se observa el bloque suroeste y noreste afectados por La Falla Pozo Hondo del lado suroeste se encuentra una falla inversa que pone en contacto al bloque suroeste con una cuña del basamento el cual se interpreta que la aparición de este es complejo pero se cree que se debe al desprendimiento de un fragmento del basamento en alguno de los dos eventos que originaron La Falla Pozo Hondo, mientras que con el bloque noreste el contacto con la cuña de esquisto es por una falla lateral derecha, en el contacto de la cuña de basamento con el Miembro Agua del Cordero se observa que los estratos tienen una inclinación más pronunciada debido probablemente a la transpresión derecha. En ésta sección se puede observar la interpretación propuesta en este trabajo del Lente Xoconoxtle contenido en el Miembro Agua del Cordero el cual se acuña hacia el noreste del área de estudio.

Sección 2: Se observa a La Falla Pozo Hondo que separa a los dos bloques debido al movimiento lateral derecho y donde la inclinación de los estratos del bloque noreste no es tan pronunciada como en la sección 1 y 3, esto se debe a la compresión que se ejercieron en esos puntos quedando como evidencia las fallas inversas, así mismo el Lente Xoconoxtle se encuentra expuesto en la parte central del bloque noreste y según nuestra interpretación es donde el espesor del lente es mayor.

Sección 3: Se observan ambos bloques en contacto por falla inversa en la flexión izquierda 3, durante el desplazamiento lateral derecho se resolvió como una falla inversa generando que el Miembro Agua del Cordero se superponga a

la Unidad Coyotepec y por consecuencia se tenga una inclinación de los estratos elevada y la generación de plegamientos. Con respecto al Lente Xoconoxtle en ésta sección el afloramiento expuesto es mayor y las partes más altas están coronadas por la Unidad Chimalayo que nos hace suponer que en algún periodo de tiempo fueron áreas topográficas baja.

Sección 4: Muestra el contacto estructural, entre el bloque suroeste y el noreste por una falla lateral, así mismo se encuentra un sinclinal y un anticlinal los cuales se generaron por fuerzas de compresión y que se pueden observar siguiendo el Río Acatepec, posteriormente hubo una relajación de los esfuerzos y dio pie a que se produjera una falla normal nombrada Falla Acatepec de edad Post-Barremiana donde el bloque que cae se encuentra al suroeste, donde la falla tiene una orientación noroeste-suroeste casi paralela a La Falla Pozo Hondo.

Sección 5: Se ilustra el movimiento lateral derecho entre los dos bloques donde lo más sobresaliente en esta sección es la inclinación de los estratos del bloque Noreste los cuales tienen una inclinación más pronunciada alrededor de 55° , y conforme se aleja la inclinación disminuye hasta los 20° aproximadamente a su vez en el Bloque Suroeste los estratos principalmente en la unidad Coyotepec igual que en casi todas las secciones también han sido formados con una inclinación que en ocasiones llegan casi a 90° y esto claro es provocado por el arrastre del movimiento lateral de La Falla Pozo Hondo.

Sección 6: Es una sección norte-sur donde se observa que el contacto de la cuña del basamento con ambos bloques es por falla inversa visualizando la sección de norte a sur se puede observar que el bloque noreste está cabalgando sobre el esquisto y recíprocamente sucedió con la cuña del basamento contra el bloque suroeste. En esta sección la mayor parte del sector noreste se encuentra cubierta por material aluvial siendo esta la parte más baja del área de estudio.

Sección 7: El contacto estructural entre ambos bloques es por falla inversa pues dicha sección pasa por la tercera curva a rumbo descrita con anterioridad, como se puede observar en la sección el bloque sureste se superpone a la Unidad Coyotepec, así mismo se muestra expuesto el lente Xoconoxtle y se observa que hacia el norte se acuña que es como podría encontrarse a profundidad.

MAPA GEOLÓGICO

Símbolos Geológicos

- Contacto geológico
- Contacto geológico inferido
- Rumbo y echado fotogeológico
- Rumbo y echado medido
- Foliación fotogeológica
- Foliación medida
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla lateral derecha
- Falla lateral derecha (sección)
- Anticlinal
- Sinclinal
- Columna medida
- Muestreo petrográfico

Leyenda

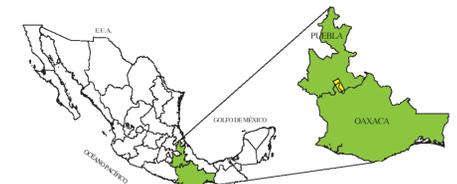
- | | | |
|------------|--------------|---|
| Cenozoico | Qal | Aluvi3n (Cuaternario) |
| | Cch | Unidad Chimalayo (Cenozoico) |
| Mesozoico | Cia | Intrusivo Andesítico (Cenozoico) |
| | Ka-cc | Unidad Coyotepec (Albiano-Cenomaniano) |
| | Kiac | Formación Zapotitlán:
Miembro Agua del Cordero (Barremiano)
Lente Xoconotle |
| Paleozoico | Jmo | Unidad Otlaltepec (Jurásico Medio) |
| | Pa | Complejo Acatlán (Paleozoico) |

ELIPSOIDE _____ GRS80
 PROYECCIÓN _____ UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 CUADRÍCULA _____ UTM A CADA 1 000 m
 DATUM _____ ITRF92
 REFERENCIA DE COTAS _____ NIVEL MEDIO DEL MAR
 BASE TOPOGRÁFICA DIGITAL INEGI
 DECLINACIÓN MAGNÉTICA (2008)

DECLINACIÓN MAGNÉTICA (2008)

Escala 1:50 000

Kilómetros



MAPA GEOLÓGICO

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA FALLA POZO HONDO EN LA REGIÓN MIXTECA, ESTADOS DE OAXACA Y PUEBLA

TESIS PROFESIONAL 2009

FERREIRA HERNÁNDEZ NUBIA HAIDE
 ISLAS BLANCO MARIO

Símbolos Topográficos

- Poblado
- Terracería
- Vereda
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Equidistancia entre curvas de nivel

