

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LAS SECUENCIAS JURÁSICAS  
DEL ÁREA DE TLAXIACO, OAXACA”



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTAN:

*MARCOS GERMÁN CORRO ORTIZ*

*FRANCISCO JESÚS RUÍZ GONZÁLEZ*

DIRECTOR DE TESIS: ING. JAVIER ARELLANO GIL

*México D. F., Abril 2011*



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.

**INDICE**

	Pág.
Resumen	4
 Capitulo 1. GENERALIDADES.	
1.1 Objetivos	7
1.2 Método de trabajo	7
1.2.1 Investigación bibliográfica	7
1.2.2 Material cartográfico	7
1.2.3 Trabajo de campo.	8
1.2.4 Trabajo de gabinete.	10
1.3 Ubicación.	11
1.4 Vías de comunicación.	12
1.5 Orografía.	13
1.6 Hidrografía.	16
1.7 Clima.	18
1.8 Antecedentes (trabajos previos).	18
 Capitulo 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.	
2.1 Estratigrafía y sedimentología.	22
2.1.1 Paleozoico.	22

	2
2.1.1.1 Complejo Acatlán.	22
2.1.2 Sistema Jurásico.	24
2.1.2.1 Conglomerado Numí (Conglomerado Cualac).	24
2.1.2.2 Grupo Tecocoyunca.	28
2.1.2.2.1 Formación Zorrillo.	29
2.1.2.2.2 Formación Taberna.	31
2.1.2.2.3 Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.	33
2.1.2.2.4 Formación Simón.	38
2.1.2.2.5 Formación Otatera.	41
2.1.2.2.6 Formación Yucuñuti.	44
2.1.2.3 Caliza con Cindaris.	47
2.1.3 Cretácico.	49
2.1.3.1 Formación Teposcolula.	49
2.1.4 Paleógeno.	52
2.1.4.1 Conglomerado Allende.	52
2.1.4.2 Andesita Yucudaac.	52
2.1.4.3 Terciario Indiferenciado.	55
2.1.4.4 Rocas Intrusivas Yuni.	57
2.1.5 Neógeno.	58
2.2 Geología estructural.	59
Capitulo 3. ESTRATIGRAFIA LOCAL.	
3.1 Columna estratigráfica.	64
3.1.1 Columna estratigráfica general.	64

	3
3.1.2 Columna estratigráfica local.	75
3.2 Litología.	80
3.2.1 Descripción macroscópica y microscópica.	80
3.3 Fósiles.	99
3.4 Litofacies.	104
3.5 Biofacies.	107
3.6 Ambiente sedimentario.	108
Capítulo 4. EVOLUCION GEOLÓGICA Y TERRENOS TECTONOESTRATIGRAFICOS	
4.1 Evolución geológica y paleogeográfica.	116
4.1.1 Paleozoico.	116
4.1.2 Mesozoico.	116
4.1.3 Cenozoico.	120
4.2 Terrenos tectonoestratigráficos.	121
4.2.1 Terreno Mixteca.	121
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones.	
5.1 Conclusiones	127
5.2 Recomendaciones	129
Bibliografía	130

## Resumen

En la región de Tlaxiaco, Oaxaca, sobre el Complejo Acatlán aflora una importante secuencia jurásica continental, que está representada por un conglomerado basal, denominado como Conglomerado Numí y por el Grupo Tecocoyunca, conformado por las formaciones Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, Simón, Otatera y Yucuñuti.

El Conglomerado Numí se encuentra reportado anteriormente en esta área como Conglomerado Cualac, pero al presentar características litológicas diferentes se propone asignarle un nuevo nombre. Esta unidad conglomerática se divide en dos partes, la parte basal esta conformada por fragmentos angulosos-subangulosos de gneisses y esquistos que provienen del Complejo Acatlán, son clastosoportados que se depositaron en un abanico aluvial en su parte proximal; la parte superior, conformada por clastos subangulosos de gneisses, esquistos y clastos retrabajados, contenidos en una matriz arcillosa y depositados por flujos de escombros provenientes de zonas de altas pendientes y con saturación de agua, en temporadas de máxima precipitación pluvial.

La Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas fue descrita con este nombre, ya que no se tuvo evidencia del cambio entre las formaciones Zorrillo y Taberna. Consiste en areniscas intercaladas con lutitas. Las areniscas son litarenitas en su mayoría, además de grauvacas y en menor proporción cuarzoarenitas. Las grauvacas contienen flora fósil, además de marcas de carga, rellenos de canal e icnofósiles. Las lutitas presentan intercalados cuerpos lenticulares de carbón, además de abundantes fósiles de plantas. Esta formación se originó en su base en un ambiente fluvial, en un río de baja pendiente con llanuras de inundación asociadas, mientras que las partes media y superior como facies transgresivas se acumularon en un ambiente de llanura deltaica proximal, alejada relativamente de la línea de costa, con periodos de inundación, formando lagos que evolucionaban a pantanos en los que se acumuló y preservó gran cantidad de materia orgánica autóctona y alóctona.

La Formación Simón esta constituida por areniscas intercaladas con lutitas. Las areniscas en su mayoría son grauvacas, además de litarenitas y cuarzoarenitas. Las grauvacas presentan estratificación cruzada y rellenos de canal y se depositaron en un ambiente de llanura de inundación.

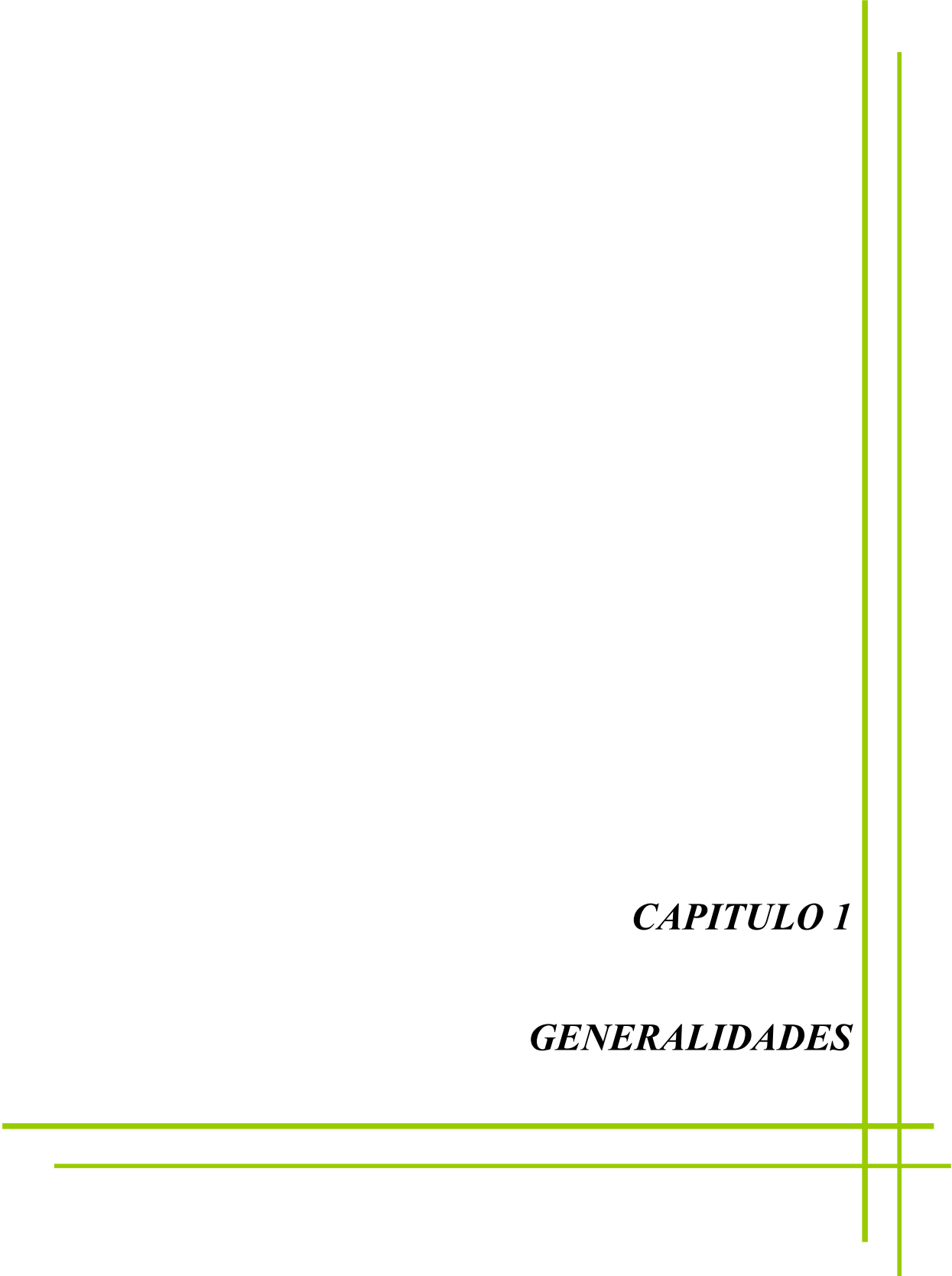
Estas secuencias fueron originadas por la subsidencia continua, generada por un proceso tectónico de tipo extensional que formó fallas normales y que en conjunto constituyen horst y grabens, los que se relacionan con la apertura del Golfo de México en un proceso sin-rift.

Se midió una columna estratigráfica con un espesor total de 760 m, en las proximidades del río Numí, iniciando en el contacto discordante entre el Complejo Acatlán y el Conglomerado Numí, y finalizando en la parte basal de la Formación Simón. Los estratos tienen una orientación en general de NW-SE, con una inclinación entre los 15° y 25° que corresponden al flanco de un pliegue anticlinal.

El registro fósil encontrado en la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, son plantas, principalmente Bennettitales, en mayor cantidad géneros como Zamites y Otozamites, además de helechos, equisetos, ginkgos, semillas y posibles angiospermas. Con base en el análisis de litofacies y del contenido paleontológico, particularmente del área foliar de las hojas fósiles encontradas en esta región, se infiere un clima semicálido-subhúmedo para el Jurásico Medio que evolucionó a un clima húmedo tropical, favoreciendo al gran desarrollo de vegetación que al preservarse y transformarse originaron cuerpos lenticulares de carbón, éste se formó en pantanos ubicados en el delta del “paleorío Tlaxiaco”, el cual fue alimentado por diferentes corrientes fluviales de menores dimensiones.

***CAPITULO 1***

***GENERALIDADES***





Este trabajo fue desarrollado con el apoyo del proyecto CONACYT 10773 “Reconstrucción paleoclimática y distribución de gimnospermas en el Jurásico de México”, el cual estuvo a cargo de la Dra. María Patricia Velazco de León, con la participación de: Ing. Javier Arellano Gil, Ing. José Luis Arcos y alumnos de Ingeniería Geológica y Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### **1.1 Objetivos.**

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Describir y analizar las características litológicas y fosilíferas de la secuencia continental del Jurásico Medio localizadas en la región de Tlaxiaco, Oaxaca.
- Establecer la caracterización estratigráfica de la unidad del Jurásico Medio por medio de una columna geológica representativa.
- Elaborar el mapa geológico general y una sección geológica representativa del área de estudio.
- Interpretar y elaborar un modelo conceptual del paleoambiente o paleoambientes del Jurásico Medio en el área de estudio.

### **1.2 Método de trabajo.**

La metodología llevada a cabo para cumplir con los objetivos de este trabajo son:

#### **1.2.1 Investigación bibliográfica.**

En este punto se realizó una recolección de datos, documentos, escritos y mapas referidos a la geología de la región de Tlaxiaco, Oaxaca. Se recopilaron diferentes trabajos previos, entre ellos textos y artículos de diferentes publicaciones, además de la consulta de algunas tesis de licenciatura y posgrado. Los principales autores y sus publicaciones usadas en la elaboración de este documento se mencionan en el apartado 1.8 de este capítulo, en el que se realiza una síntesis de la información publicada.

#### **1.2.2 Material cartográfico.**

Para delimitar la zona de estudio se utilizó la carta geológico-minera de Tlaxiaco realizada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2000), y la carta topográfica elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), ambas con clave E14-D34 y con escala 1:50,000; se utilizaron también las imágenes

digitales de Google Earth disponibles en Internet. Se tomo en cuenta las zonas donde están delimitadas unidades jurásicas, con el fin de que se pudiera medir una columna estratigráfica representativa del área de estudio.

### 1.2.3 Trabajo de campo.

El trabajo de campo fue realizado después de delimitar la zona de estudio, en los márgenes del río Numí y en los cortes de los caminos de terracería próximos al mencionado río; en los cual se encontraron áreas importantes con buenos afloramientos para recolectar los diferentes tipos de datos. Este trabajo de campo se realizó en 3 salidas de un día cada una. La información más importante que se obtuvo es la siguiente:

- Descripción de los afloramientos (Figura 1.1), encontrándose en buenas condiciones en la región estudiada; se describieron las características de las unidades litológicas observadas, como son: tipo de litología, composición mineralógica, color al fresco e intemperismo, estructuras sedimentarias primarias y secundarias, y el contenido fósil.



Fig. 1.1 Descripción de afloramientos en el río Numí.

- Obtención y descripción de muestras de mano orientadas, para su posterior estudio con base en láminas delgadas.
- Obtención de datos estructurales tanto de pliegues como fallas y fracturas, para su posterior interpretación.

- Descripción y tipos de estructuras sedimentarias observadas en los estratos.
- Obtención de muestras fósiles, para su posterior descripción y clasificación realizada por la Dra. María Patricia Velazco de León y sus alumnos de la carrera de biología participantes en el proyecto CONACYT 10773.
- Medición de una columna estratigráfica de la secuencia del Jurásico Medio, la cual se realizó usando cinta métrica, brújula tipo Brunton y báculo de Jacob; esta columna fue medida y descrita sobre el margen del río Numí y en el camino de terracería que bordea su margen izquierda, en donde se encuentran mejor expuestas las unidades y se tomó como base el Complejo Acatlán y como límite superior la Formación Simón. El báculo de Jacob es una herramienta elaborada con madera, que sirve como patrón de comparación para medir la secuencia en intervalos de 1.5 m., esta herramienta consiste de dos cintas o segmentos de madera de distinta longitud unidos perpendicularmente en forma de letra T o L, el segmento o cinta de mayor longitud es de 1.5 m, mientras que el otro segmento puede tener una longitud variable, en el punto de intersección entre los dos segmentos se tiene un sistema para medir la inclinación del segmento con respecto a la horizontal, lo que corresponde con el echado del plano de estratificación. Para medir una columna estratigráfica empleando el báculo de Jacob se requiere de conocer los datos estructurales de los estratos a medir, ya que la medición se realiza colocando el báculo perpendicularmente a la superficie de estratificación (perpendicularmente al rumbo de las capas) y se inclina el segmento corto hasta que sea paralelo a la línea de máxima pendiente (echado de los estratos); posteriormente el observador deberá identificar un punto en el afloramiento trazando una visual imaginaria desde la punta del segmento corto hasta el nivel estratigráfico correspondiente. Esta operación se repite desde la base hasta la cima de la unidad a medir (Figura 1.2).



Figura 1.2. Medición de la columna estratigráfica utilizando el Báculo de Jacob, en el río Numí

#### 1.2.4 Trabajo de gabinete

Después de haber obtenido los datos a partir del trabajo en campo, descritos en el apartado anterior, se procedió al trabajo de gabinete, haciendo uso de esa información para la obtención de resultados y su posterior interpretación. Este trabajo consistió en:

- Elaboración del mapa geológico general. Para su realización nos basamos en la carta geológica del Servicio Geológico Mexicano, con clave E14-D34 y el estudio de afloramientos y contactos en el campo dentro del área de estudio.
- Elaboración de las columnas estratigráficas. Al momento de la medición de la columna estratigráfica se fue dibujando en papel milimétrico una columna con la simbología adecuada para posteriormente realizar un mejor diseño utilizando un programa de dibujo en la computadora. Se utilizó el programa de computo AUTOCAD 2010 y se editó en CorelDraw 2009.
- Análisis y clasificación de las litologías por medio de láminas delgadas. Se identificaron las texturas, los minerales y su porcentaje contenido en cada muestra, además de la redondez y tamaño de los clastos, el porcentaje de matriz contenida, la relación entre los clastos y la fábrica. Las muestras se caracterizaron de acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijhon (1974).

- Interpretación del paleoambiente sedimentario, se elaboró un modelo tomando como base a las facies encontradas a partir del análisis litológico de las unidades medidas en la columna estratigráfica.

### 1.3 Ubicación.

El área de estudio se localiza en el municipio de Tlaxiaco, el cual se encuentra en el noroeste del Estado de Oaxaca, aproximadamente a 180 km de la Capital del Estado. Las coordenadas geográficas del municipio son 17° 16' latitud norte y 97° 41' longitud oeste, con una altitud promedio de 2,040 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1.3 y Fig.1.4). La zona de estudio se encuentra entre las coordenadas UTM 627000-641500 mE y 1908000-1920000 mN.

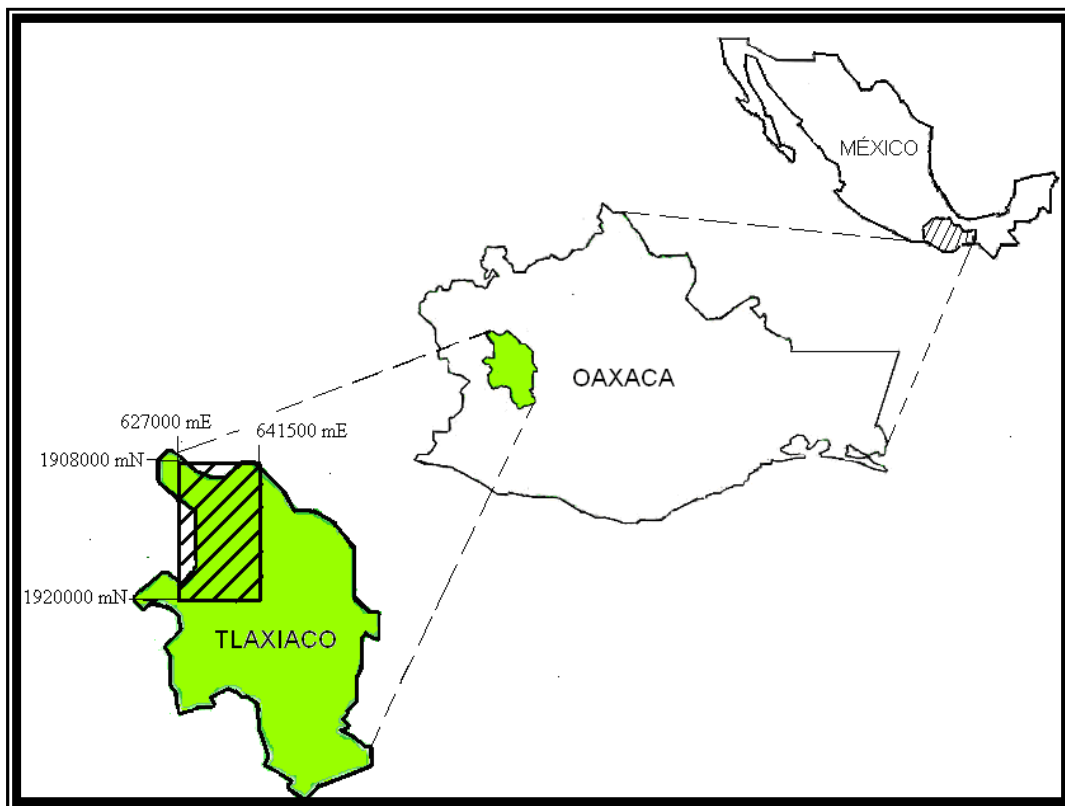


Fig.1.3 Localización del área de estudio.

El municipio de Tlaxiaco se ubica en la región conocida como Mixteca Alta, comprendiendo el territorio las siguientes poblaciones: Santa María, San Isidro, San Pedro, Llano Grande, Juan Escutía, Plan de Guadalupe, Agua Zarca, San Miguel del

Progreso, San Felipe Tindaco y Joya Grande.

El municipio limita al norte con los municipios de San Juan Mixtepec, Santiago Nundiche, Santa María del Rosario y Santa Catarina Tayata; al sur con lo municipios de San Antonio Sinacahua, San Miguel El Grande, San Esteban Atatlahuaca y Santo Tomás Ocotepec; al oeste con Putla Villa de Guerrero, San Martín Itunyoso y San Juan Mixtepec; y al este con San Cristóbal Amoltepec, Magdalena Peñasco y San Antonio Sinicahua.



Fig. 1.4 Área de estudio cuyos limites están en el recuadro blanco, en cuyos vértices se indican en coordenadas UTM. Tomada de Google Earth (2011).

#### 1.4 Vías de comunicación

Se tienen diferentes rutas de acceso al municipio de Tlaxiaco, aunque el acceso principal es sobre la carretera federal 190 que comunica a Huajuapán de León con la capital del Estado de Oaxaca, al llegar al km 61.4 de esta carretera, después de pasar los municipios de Huajuapán de León y Tamazulapán, se tiene una desviación al sur, la cual corresponde a la carretera federal 125, en el km 56 de ésta se encuentra dicho municipio (Fig. 1.5).

Otra ruta de acceso se tiene por el municipio de Huajuapán de León, por una desviación que pasa por los poblados de Tezoatlán y Mixtepec antes de llegar al municipio de

Tlaxiaco.

Una ruta más de acceso al área de estudio se tiene desde la carretera federal 150 México-Veracruz, después se toma la desviación a la carretera federal 135 ( Tehuacán-Oaxaca) hasta antes de llegar al municipio de Nochixtlán, donde se entronca con la carretera federal 190 rumbo al municipio de Huajuapán de León; por lo que, se llega a la desviación de la carretera federal 125 pasando por el poblado de San Juan Teposcolula, antes de arribar al municipio de Tlaxiaco.

Finalmente desde el poblado de Tlaxiaco, se toma el camino de terracería que conecta a los poblados de Santiago Nundiche y Guadalupe Mirasol, hasta llegar a un puente que cruza con el río Numí. En los cortes de la terracería y en el mencionado río es donde se localizan los mejores afloramientos del área de estudio, estos se encuentran a aproximadamente 9 kilómetros al noreste del municipio de Tlaxiaco.

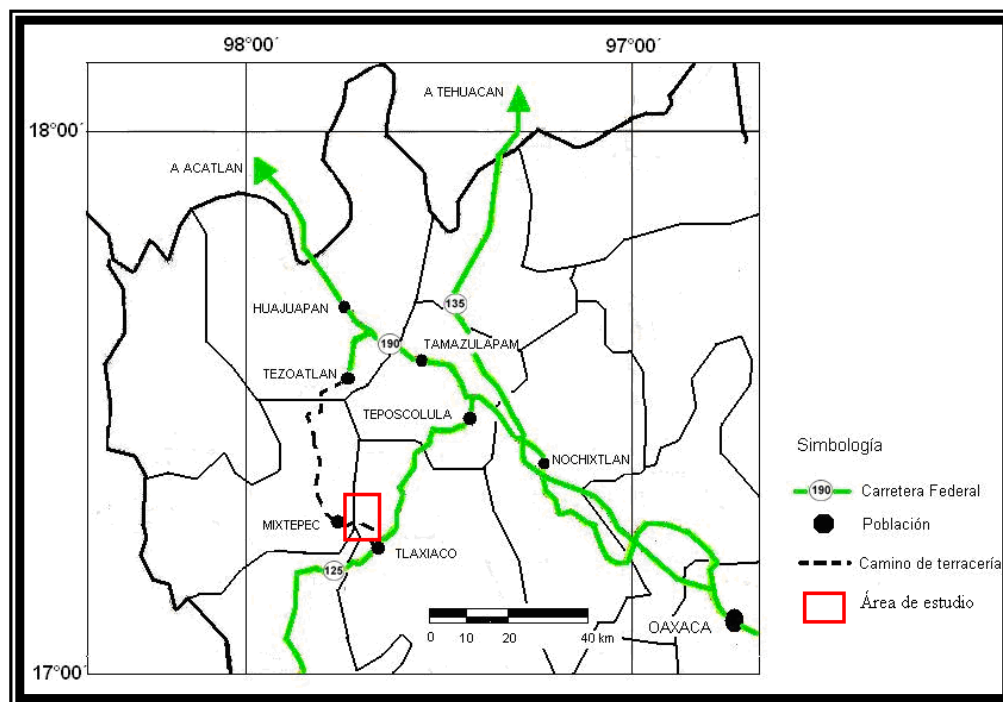


Fig. 1.5 Vías de comunicación.

### 1.5 Orografía

La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (Fig. 1.6), dicha provincia limita al norte con el Eje Neovolcánico, al oeste con el Océano Pacífico, al oriente con la Llanura Costera del Golfo Sur y al sur con la

Sierra de Chiapas; comprende los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Guerrero, Veracruz y Oaxaca. Guarda una relación importante con la placa de Cocos que se manifiesta con una fuerte sismicidad en la zona, se presentan extensos terrenos irregulares con climas semisecos y semifríos y zonas montañosas húmedas (INEGI, 2010).

Esta provincia fisiográfica dentro del territorio oaxaqueño se divide en dos subprovincias: Sierras Plegadas del Noreste y Tierras Altas de Oaxaca (INEGI, 1989). Se caracteriza por cadenas montañosas que están disectadas por profundos cañones fluviales, siendo importantes por los intensos procesos erosivos y la formación de lomeríos, planillanuras, planicies y ambientes sedimentarios deltaicos y litorales (Instituto de Ecología, 2010).

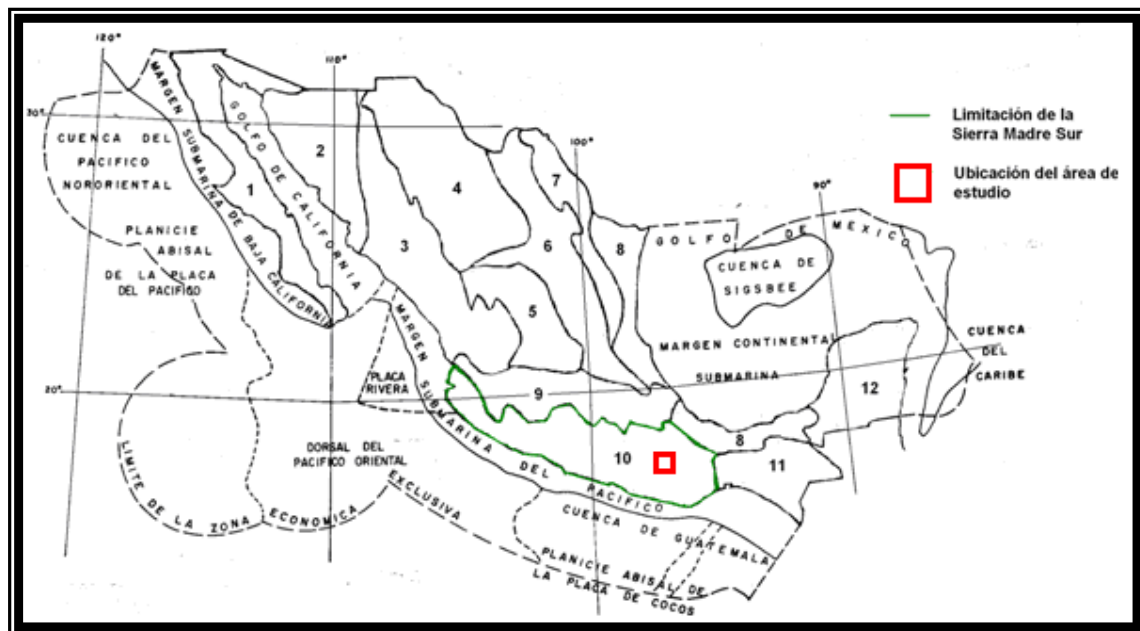


Fig.1.6 Provincias fisiográficas de México 1.Baja California, 2.Sonora, 3.Sierra Madre Occidental, 4.Sierras y Valles, 5.Mesa Central, 6.Sierra Madre Oriental, 7.Planicie de Norteamérica, 8. Planicie Costera, 9.Sistema Neovolcánico Transmexicano, 10.Sierra Madre Sur, 11. Chiapas, 12.Plataforma de Yucatán (tomada de Moran Zenteno, 1982).

De manera particular, el municipio de Tlaxiaco está ubicado en un pequeño valle rodeado por un sistema montañoso (Sierra Mixteca), presentándose dos elevaciones importantes, el Cerro Negro y el Cerro Yucunino, con una altitud de 2875 metros sobre



el nivel del mar; además de otras elevaciones menores entre ellas el cerro del Tambor, del Coyote, el Jabalí, y otros.

Carrasco (1981), dividió la zona en dos unidades fisiográficas informales:

-Zona de las montañas escarpadas: son sierras que constituyen la parte occidental, donde afloran rocas metamórficas.

-Zona montañosa compuesta: se trata de una serie de lomeríos, mesas y cerros abruptos formando la parte central y oriente, se presentan secuencias sedimentarias, derrames andesíticos y rocas piroclásticas.

En el área de estudio, en la parte occidental, aflora el Complejo Acatlán, como lomeríos con pendientes entre  $9^\circ$  y  $33^\circ$ , aunque con un promedio de  $26^\circ$ , con elevaciones de hasta los 2420 m; destacan Cerro Tres Cruces, Loma de Tibia y Cerro el Yucutioco. Las elevaciones están separadas por cañadas y barrancas (Fig. 1.7).



Figura 1.7. Relieve del área de estudio.

En la parte central se presentan las secuencias continentales jurásicas y la unidad del Cretácico. Las secuencias jurásicas presentan elevaciones hasta los 2220 m.s.n.m., representadas por lomeríos con pendientes entre los  $11^\circ$  y  $18^\circ$ , y por cañadas y barrancas, destacando la formada por el río Numí. La unidad cretácica presenta pendientes menores a  $9^\circ$ , con un relieve más suave y menos abrupto que en las demás unidades.

En la parte oriental afloran las unidades volcano-sedimentarias y volcánicas del Cenozoico. Presenta elevaciones de hasta los 2600 m, destacando el Cerro del Tambor;

esta parte esta representada por lomeríos y cañadas; las elevaciones tienen pendientes entre los 5° y 33°.

En general el área de estudio se encuentra conformada por lomeríos con cotas de hasta 2600 m.s.n.m., junto con cañadas y barrancas; con pendientes desde 5 ° hasta 33 ° (Fig. 1.8).



Figura 1.8. Modelo digital del relieve del área de estudio. Tomado de Google Earth (2011).

### **1.6 Hidrografía**

Las corrientes de agua superficiales que circulan en la zona son parte de la Cuenca Hidrológica del Balsas, esta cuenca está presente en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (Fig. 1.9).



Fig 1.9 Ubicación de la Cuenca del Balsas (Modificada a partir de INE 2011).

La Cuenca presenta unos 800 km de largo por 150-200 kilómetros de ancho en promedio, su superficie hidrológica es de aproximadamente 117,406 km<sup>2</sup>, que se subdivide en tres regiones, Alto Balsas, Medio Balsas y Bajo Balsas. Fue originada como un producto del levantamiento orogénico laramídico, posteriormente modificado por una fase de deformación por extensión y por cizalla.

El río más importante que recorre la zona de estudio es el Numí, que al juntarse con el Río Juxtlahuaca forman el río Mixteco; también se presentan varios arroyos entre ellos el Yuticuani, el Allende, entre otros.

Existen dos tipos de drenaje según sea la unidad fisiográfica informal, rectangular y dendrítica en la zona de las montañas escarpadas, y dendrítico en la zona montañosa compuesta (Carrasco, 1981).

El río principal en la zona es el Numí, seguido por los ríos San Juan y Yutecano que contribuyen con importantes volúmenes de agua en temporada de lluvia. A su vez el río Numí confluye con el Mixteco, ubicado también dentro del área de estudio. El río Mixteco forma parte del río Balsas, desembocando éste finalmente en el Océano Pacífico. En el Complejo Acatlán se presenta un drenaje de tipo dendrítico, al igual que en las unidades jurásicas, aunque en el contacto entre ellas se tiene un drenaje de tipo subparalelo. En la unidad correspondiente al Cretácico se tiene un drenaje de tipo anular, y finalmente en las secuencias del Cenozoico se presenta un drenaje de tipo

dendrítico. Los arroyos alrededor el río Numí presenta flujos estacionarios, solo fluyen en épocas de lluvia.

### **1.7 Clima y vegetación.**

En el municipio de Tlaxiaco se tiene un clima templado subhúmedo, con una estación de lluvias en el verano; la temperatura presenta un promedio de 18 °C, aunque en invierno pueden presentarse heladas y la temperatura es menor a los 0 °C. La precipitación anual promedio es de 1130 mm, con una vegetación característica de bosques de coníferas, la cual comprende pinos y encinos (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Oaxaca, 2009).

En el área de estudio se presenta vegetación típica de un bosque mixto, conformado por pinos y encinos.

### **1.8 Antecedentes (trabajos previos).**

Se tienen varios trabajos geológicos con diferentes enfoques que tratan sobre las unidades jurásicas, cretácicas y cenozoicas realizados en el área de Tlaxiaco o zonas cercanas, los que hacen las aportaciones más revelantes son:

Alencaster, G., 1963. “Pelecípodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noreste de Guerrero”, en este trabajo se menciona la fauna fósil encontrada en el grupo Tecocoyunca, describiendo también a los pelecípodos del Jurasico Medio.

Buitrón, 1970. “Equinoideos del Jurasico Superior y del Cretácico Inferior de Tlaxiaco, Oaxaca”, en dicho trabajo se comprende el estudio de nueve especies de equinoideos con procedencia de la región de Tlaxiaco y con edades del Oxfordiano al Neocomiano.

Carrasco-Ramírez, 1981. “Geología jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca”, en este trabajo se describen las características de las formaciones jurásicas tales como su origen, litología, espesor y sus relaciones estratigráficas.

López Ramos, 1983. “Geología de México”, tomo III, menciona y describe las características de las unidades ubicadas en la cuenca de Tlaxiaco, en si a la zona entre los municipios de Tlaxiaco y Mixtepec, Oaxaca.

Móran Zenteno, 1987. "Paleogeografía y Paleomagnetismo precenozoicos del Terreno Mixteco", menciona los problemas de la interpretación en base al registro estratigráfico del Terreno Mixteco, además de la evolución de dicho terreno y sus características tectónicas.

Morán Zenteno *et al*, 1988. "Paleomagnetismo de rocas jurásicas del norte de Oaxaca y sus implicaciones tectónicas". A partir de los resultados paleomagnéticos que obtuvo de las formaciones jurásicas Yucuñiti y Caliza con Cidarís, describe las relaciones estratigráficas y tectónicas e interpreta la historia geológica del Terreno Mixteco.

Moran-Zenteno, 1993. "Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico", en este trabajo se explica la evolución paleogeográfica del área que comprende el Terreno Mixteca; también habla de las distintas condiciones de sedimentación a lo largo del tiempo y los efectos de la tectónica en el área.

Galina Hidalgo, 1996. "Geocronología y paleomagnetismo de rocas intrusivas y volcánicas del área de Huajuapán de León, Oaxaca", analiza y determina las edades de los cuerpos ígneos de la zona norte de Oaxaca.

Cantu-Chapa, 1998. "Las transgresiones jurásicas en México", se documenta por medio de evidencias de amonites del Jurásico Medio-Superior la tendencia transgresiva del Océano Pacífico al Atlántico. Se tienen evidencias estratigráficas del Bajociano en Oaxaca, corresponde con la Formación Taberna; reporta la presencia de amonitas del género *Stephanoceras*.

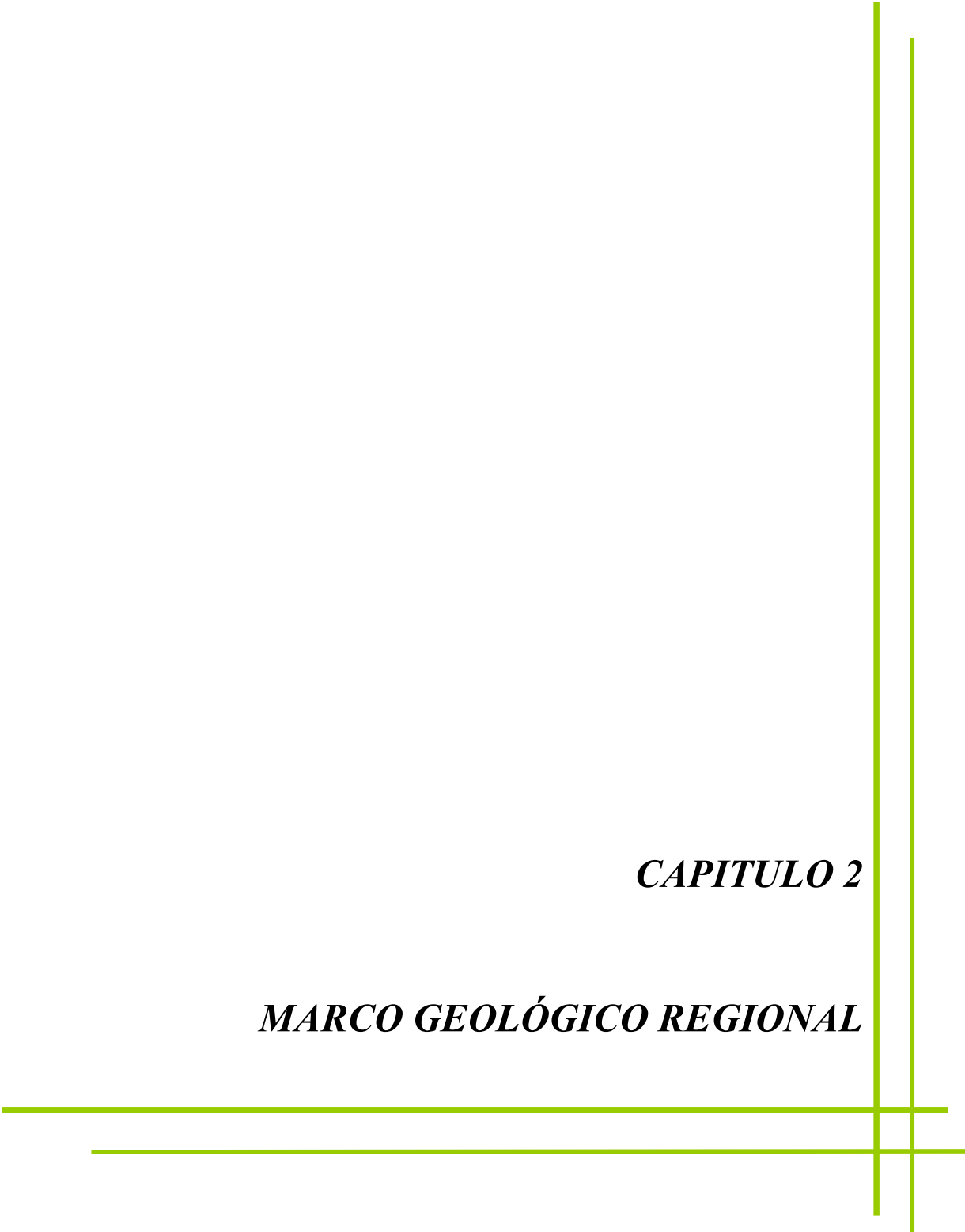
Carrasco Ramírez, 2003. "Los ammonites del Caloviano de la región Mixteca, Oaxaca, México", en este trabajo se estudian principalmente las rocas del Calloviano y se describe una variedad de ammonites que no se habían reportado en México. Las correlaciones llevan al autor a correlacionarlos con los encontrados en el Caloviano medio de Europa

Jiménez Rentería, 2004. "Estudio palinoestratigráfico de los grupos Consuelo y Tecocoyunca (Triásico-Jurásico) en la Barranca Rosario Nuevo, región de Tezoatlán, al noroeste del estado de Oaxaca", analiza las formaciones del Grupo Tecocoyunca, incluyendo en este al Conglomerado Cualac, además de denominarlo como Formación Cuarcita Cualac.

Caballero Miranda Cecilia Irene, 1990. “Geología y anisotropía magnética del Jurásico continental del área Huajuapán de León-Petlalingo, Estados de Oaxaca y Puebla”, describe y menciona a las secuencias continentales del Jurásico Medio, particularmente describe las características de las formaciones Caliza con *Cidaris* y Teposcolula.

***CAPITULO 2***

***MARCO GEOLÓGICO REGIONAL***



## **2.1 Estratigrafía y Sedimentología.**

En la zona de estudio se tienen aflorando rocas con edades del Paleozoico hasta el Reciente, cuya distribución se indica en el mapa geológico (fig. 2.1) y en la columna estratigráfica regional de la Fig. 2.2. Las rocas más antiguas son metamórficas y corresponden al Complejo Acatlán, más específicamente a la Formación Cosoltepec. Se describen nueve unidades sedimentarias del Mesozoico, siete de ellas restringidas al Jurásico, que afloran en el Anticlinorio de Tlaxiaco y fueron depositadas, seis de ellas en un ambiente continental y una en ambiente marino. Una unidad del Cretácico que se acumuló en un ambiente marino. Durante el Cenozoico se tiene una secuencia vulcano-sedimentaria de ambiente continental y rocas ígneas del tipo extrusivo e intrusivo. A continuación se describen las características principales de dichas unidades, de la más antigua a la más reciente.

### **2.1.1 Paleozoico.**

#### **2.1.1.1 Complejo Acatlán**

El Complejo Acatlán se compone con un conjunto de rocas metamórficas que afloran en extensas regiones de la Mixteca, en los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero, teniendo como una localidad representativa a la población Acatlán, ubicada en el Estado de Puebla; corresponde con una edad de Cámbrico- Devónico (Ortega-Gutierrez 1978).

Talavera Mendoza (2005) reporta una edad del Devónico-Pennsylvaniano basandose en la Formación Cosoltepec, la Migmatita Magdalena y la Formación Chazumba .

El complejo está conformado por dos subgrupos Petlalcingo y Acateco (Ortega-Gutiérrez,1978), los cuales son:

-Subgrupo Petlalcingo: constituido por 3 formaciones Migmatita Magdalena, compuesta de migmatitas de composición tonalítica-diorítica; Formación Chazumba integrada por esquistos pelíticos micáceos y la Formación Cosoltepec, en la que predominan esquistos pelíticos.

-Subgrupo Acateco: lo forman la Formación Xayacatlán, constituida por esquistos verdes y pelíticos; los Granitoides Esperanza, con rocas graníticas, aplíticas y pegmatíticas y la Formación Tecomate integrada por una secuencia de metareniscas arcósicas,



metaconglomerados y un miembro calcáreo. Además las secuencias antiguas se encuentran intrusionadas por los diques San Miguel.

Aunque Yañez (1991), separa los dos subgrupos descritos anteriormente y describe aparte la Formación Tecomate.

Es un complejo metamórfico que presenta gran variación en los niveles de metamorfismo regional e intensa deformación externa representada por una foliación, con echados verticales a horizontales, y pliegues de diversos tamaños y geometrías. La dirección de la alineación mineral que presenta el complejo es en general hacia el norte, mientras que el echado de los planos en los que se encuentra la lineación mineral varía de horizontal a vertical. El espesor total del Complejo Acatlán no se conoce con precisión, pero Yañez (1991) supone un espesor total de 15 km.

Carrasco (1981) usó el término de Complejo Acatlán, para describir a las rocas metamórficas que afloran en la parte occidental de Tlaxiaco, los cuales se caracterizan por una morfología de lomeríos de perfiles suaves y escarpados únicamente donde hay valles fluviales. Consisten de esquitos compuestos mineralógicamente de muscovita y bandas de cuarzo con una textura lepidoblástica; en mayor porcentaje se tienen las micas, después cuarzo. Presenta un límite superior discordante erosional con el conglomerado basal de la secuencia continental del Jurásico Medio.

La unidad metamórfica que aflora en el área de estudio corresponde con la Formación Cosoltepec, la cual se encuentra constituida por dos unidades litológicas, la parte basal esta formada por rocas verdes, las cuales presentan espesores de hasta 15 metros; son de color negro a verde, con una estructura esquistosa a bandeada; su contenido mineralógico es de plagioclasa, hornblenda y epidota, con biotita, muscovita y granate. Después se tienen cuarcitas con intervalos pelíticos; además de algunas capas de esquisto calcáreo y de talco; la parte superior, la cual esta formada por filitas con cuarzo. Dicha formación presenta un espesor de hasta 3,500 m. Tiene un origen sedimentario marino, con una composición mayoritaria de sílice y menor contenido calcáreo.

En el área de estudio, en las proximidades del contacto con la secuencia jurásica se observaron tres tipos de rocas metamórficas que corresponden con esquistos de clorita, gneiss y esquitos de muscovita. Los primeros se observan en la parte sur, presentan un color pardo

oscuro al intemperismo y color verde oscuro al fresco (fig. 2.3); su contenido mineralógico de mayor a menor porcentaje es clorita, cuarzo, feldespato y biotita; además de algunos cristales de sericita; en algunos intervalos se tienen gneisses.



Fig. 2.3 Esquistos de clorita en la localidad del Río Numí.

Los esquistos con gran contenido de muscovita afloran en la parte norte de la región, donde presentan una foliación con dirección S05°E y con un alto grado de intemperismo.

### **2.1.2 Sistema Jurásico.**

#### **2.1.2.1 Conglomerado Numí (Conglomerado Cualac o Formación Cuarzítica Cualac).**

##### **Definición.**

Erben (1956) propuso el nombre Conglomerado Cualac, para nombrar a las rocas que Guzmán (1950) llamó Cuarzitas Cualac; les asignó una edad Aaleniana. Erben (1956) describe esta formación de la siguiente manera: “Se trata de un conglomerado de matriz general cuarzítica, compacta, gris, a veces algo amarilla, que muestra una estratificación mediana hasta gruesa. Este conglomerado está compuesto casi exclusivamente de guijarros de cuarzo lechoso, blanco y que muestra diámetros entre 0.5 y 5 cm. De manera subordinada también se presentan guijarros de micaesquistos y de gneisses, aunque con menor frecuencia;

estos proceden del Complejo Basal metamórfico. Contiene bancos de conglomerado en varios niveles, pero de una manera muy subordinada, también presenta intercalaciones de estratos de limolitas y areniscas finas, pardas hasta amarillentas de estratificación delgada.”

Jiménez Rentería 2004, describe a la unidad compuesta de conglomerados con clastos redondeados, con un diámetro mayor a 2 mm y brechas que se distinguen por tener clastos angulosos; considera que la unidad tiene tanto brechas como conglomerados. La describe con base en su composición cuarcítica como único elemento petrológico predominante, dándole el nombre de Formación Cuarcítica Cualac, describiéndola como “una secuencia litoestratigráfica que aflora en partes medias marginales del Anticlinorio de Diquiyu, donde consiste de una alternancia de progradante de estratos masivos 2.5 a 5 m de espesor de conglomerados, brechas y areniscas cuarcíticas, separadas por lutitas y limolitas carbonosas”; además menciona que constituye las zonas topográficas más altas debido a su alta resistencia a la erosión”.

En este trabajo se menciona al Conglomerado Cualac, ya que, está reportado como tal, la unidad conglomerática ubicada estratigráficamente entre el Complejo Acatlán y la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas; aunque, comparando las características descritas anteriormente con las del área de estudio, la unidad conglomerática no corresponde con el Conglomerado Cualac; por lo que, se propone en este trabajo el nombre de “Conglomerado Numí” para esta formación.

Localidad Tipo.

Considerando que no corresponde con el Conglomerado Cualac descrito por Erben (1956), sino con el Conglomerado Numí, se propone como localidad tipo a los márgenes del Río Numí, cercanos a Tlaxiaco, Oaxaca.

Distribución.

En el estudio de Carrasco (1981) se designa con el nombre Conglomerado Cualac a los conglomerados que afloran en el Río Numí; aunque también se emplea para los cuerpos con litología y posición estratigráfica similar, que se encuentran aflorando en las proximidades fuera de esa zona de estudio. También se reportan afloramientos de esta unidad en el área de Tezoatlan-El Consuelo (Jiménez Rentería, 2004), y en el Estado de Guerrero, en las regiones

de Olinalá, Cualac y Huamuxtilan (Corona Esquivel, 1981). Dentro del área de estudio se tienen afloramientos en el Río Numí, uno de ellos se localiza en las coordenadas 6359000 mE-1915400 mN, donde se midió un espesor de 95 metros.

Litología.

Para fines de comparación, se describirá primero al Conglomerado Cualac, el cual es de tipo oligomítico y está constituido principalmente por fragmentos de cuarzo blanco incluidos en una matriz de limo y mica de color oscuro; la matriz forma aproximadamente el 5% de la roca. El conglomerado presenta estratificación en capas de hasta 5 m y gradación normal. Presenta en menor proporción, alternancia de capas delgadas de limolitas y areniscas finas de color gris a gris oscuro.

El análisis petrográfico realizado por Carrasco (1981) indica que la roca corresponde con un conglomerado de guijarros y matatenas, constituido en un 90% de cuarzo metamórfico y metacuarcita; los clastos son subangulosos y mal clasificados. El 10 % restante está constituido por la matriz, la cual consiste de granos cuyos tamaños varían entre los gránulos y las arcillas, predominando la arena muy fina y el limo mediano. Los cuerpos arenosos intercalados presentan una mineralogía compuesta de: cuarzo metamórfico, líticos de esquistos, muscovita, arcillas no identificadas y calcita secundaria, que corresponde con una litarenita micácea inmadura.

Jiménez Rentería (2004) dividió a la secuencia que aflora en los márgenes del Río Numí dos intervalos: el inferior conglomerítico que se compone de clastos de cuarzo subangulosos a subredondeados y el superior brechoso, con fragmentos de cuarzo subangulosos y de menor tamaño, además de flujos cuarcíticos los cuales se van adelgazando hasta pasar a capas de areniscas finas de cuarzo.

El conglomerado que aflora en el área de estudio está dividido en dos partes, la inferior con clastos clastosoportados, y la superior en la que los clastos están soportados por una matriz de arenas medias. Tanto la inferior como la superior se encuentran formadas en su mayoría por clastos de esquistos de clorita y micas, y gneisses, y en menor cantidad cuarzo (fig. 2.4); en la parte superior se tienen además clastos del mismo conglomerado retrabajado y en mayor porcentaje clastos de gneiss y algunos de esquistos de clorita. Los clastos van de subangulosos a angulosos y su tamaño varía de arenas gruesas a bloques de hasta 45 cm.



Fig. 2.4 Conglomerado de la parte inferior de la unidad, localizada en el Río Numí.

#### Espesor.

El espesor total del Conglomerado Cualac reportado por Carrasco 1981, en el área de Tlaxiaco es de 120 m; Jiménez Rentería 2004 reporta un espesor de 91 m. El espesor medido del conglomerado que aflora en el Río Numí y sus márgenes es de 95 metros.

#### Relaciones estratigráficas.

El contacto inferior del Conglomerado Numí se encuentra en discordancia erosional con el Complejo Acatlán, mientras que su contacto superior con la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas es concordante y es gradual a areniscas y lutitas.

#### Edad.

En esta formación no se encontraron fósiles, por lo que no se puede determinar con precisión su edad. Debido al contacto gradual con las sobreyacentes formaciones Zorrilla y Taberna de edad Bajociano-Batoniano Temprano, se le interpreta una edad del Aaleniano tardío, aunque puede ser más antigua.

#### Correlación.

Por las características litológicas y estratigráficas se puede correlacionar esta unidad con los conglomerados que afloran en las áreas de Mixtepec y Tezoatlán en el Estado de Oaxaca (Erben, 1956) y en Cualac, Estado de Guerrero (Guzmán, 1950). Un problema en la correlación con otras edades de edad simultánea, es la imprecisión que existe en la edad de

esta formación. Para correlacionar el Conglomerado que aflora en el área de estudio, con otras unidades de edad equivalente en la región del centro de México, se toma como criterio principal la posición estratigráfica y después la semejanza litológica. Por su posición discordante sobre el Complejo Acatlán se correlaciona con la Formación Yogana, del área de Nochistlán, Oaxaca (Wilson y Clabaugh, 1970) y con base de la Formación Tecomazuchil, área de Petlalcingo y Huajuapán, Oaxaca (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965).

Ambiente de depósito.

Carrasco (1981) propone que el depósito ocurrió en un ambiente continental en un subambiente de corrientes fluviales con épocas torrenciales, en un área de topografía baja (graben) asociado a cierta actividad tectónica manifestada por procesos de deformación con extensión. Jiménez Rentería (2004) menciona que la principal estructura sedimentaria son flujos cuarcíticos con una textura caótica por lo que se trata de un ambiente fluvial con causas entrelazados.

El conglomerado de la zona de estudio se encuentran relacionado a una zona con un relieve disconforme, debido a levantamientos bruscos asociados a la etapa temprana de la formación de un graben. En la parte inferior, los sedimentos fueron depositados en la parte proximal de un abanico aluvial, esto con base en la forma angular y subangular de los clastos, el arreglo caótico en que se encuentran y al presentarse granosoportados. La parte superior se encuentra un variado tamaño de clastos angulosos de hasta 50 cm de diámetros aislados en una matriz arenosa, lo que indica grandes flujos de escombros, formados por potentes flujos de agua originados por lluvias intensas en el relieve abrupto que existía en el área; los cuales arrastraban material del basamento e incluso del conglomerado en flujos de material arcilloso-arenoso.

#### 2.1.2.2 Grupo Tecocoyunca

Este conjunto de unidades estratigráficas fue nombrado en un principio como “Capas Tecocoyunca” por Guzmán en 1950, después Erben (1956) lo elevó al rango de Grupo.

Se encuentra constituido por una serie de formaciones continentales y marinas; en la parte inferior se encuentra constituido por una serie de estratos de origen continental, en la parte media se presenta una intercalación de rocas continentales con influencia marina y en la parte

superior se compone de una secuencia terrígena marina. Las litologías presentes en dicho Grupo son areniscas, limolitas, lutitas, margas y calizas (Alencaster 1963).

Las unidades estratigráficas que constituyen al Grupo Tecocoyunca según Carrasco (1981) son Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, Formación Simón, Formación Otatera y la Formación Yucuñuti. González Torres (1989) lo dividió en dos subgrupos; la unidad inferior comprende a las formaciones Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y Simón; mientras que la unidad superior esta compuesta por las formaciones Otatera y Yucuñuti. Aunque Jiménez Rentería (2004) añade a la Formación Cuarcita Cualac a las formaciones anteriores dentro del Grupo Tecocoyunca.

En cuanto a la edad, las secuencias comprenden unidades depositadas desde el Bajociano hasta el Calloviano. A continuación se describen las formaciones que constituyen este grupo sin incluir al Conglomerado o Cuarcita Cualac, descrito anteriormente. Se describirán primero a las formaciones Zorrillo y Taberna, y después a la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, tal como la denominó Carrasco (1981), ya que con base a lo encontrado durante el trabajo de campo se acepta esta última denominación.

#### 2.1.2.2.1 Formación Zorrillo

##### Definición

De acuerdo a Erben (1956) la Formación Zorrillo se encuentra constituida por areniscas de grano fino y medio; también presenta limolitas con estratificación cruzada, lutitas carbonosas y mantos de carbón, con algunos niveles con concreciones calcáreo-hematíticas.

##### Localidad Tipo

La localidad tipo se encuentra a la falda de la Loma del Zorrillo, ubicada al este de San Juan Diquiyú, en la región de Tezoatlán, Oaxaca.

##### Distribución

Se encuentran afloramientos en la zona oeste de Tlaxiaco, Oaxaca, encontrándose los mejores afloramientos en la zona de Mixtepec (López Ramos 1983). Además de tener afloramientos en la parte oriental del Anticlinorio de Diquiyu, en el área de Tezoatlan (Jiménez R. 2004). También se reportan afloramientos en la parte noreste de Guerrero (Corona Esquivel, 1981),

en la Barranca de la Carbonera, en las terracerías que comunican a Coahuilote con Tecocoyunca, y Xalmolapa con Coyahualco, también en las proximidades de los poblados de Saladillo y Cuateconsingo.

#### Litología

Según Erben (1956) predominan en esta formación areniscas de grano fino a medio y limolitas, en ocasiones con estratificación cruzada; en general la estratificación es delgada. También presenta limolitas grises amarillentas finas que contienen gran número de plantas terrestres fósiles, lutitas carbonosas y mantos de carbón. En algunos niveles se encuentran concreciones calcáreo-hematíticas y calcáreo-limoníticas con superficies muy irregulares. Hacia la parte superior existe mayor cantidad de limolitas grises con estratificación delgada, y también aumentan las lutitas y limolitas con concreciones calcáreo-hematíticas de color rojo vino.

#### Espesor

El espesor de la formación presenta una variación desde los 20 hasta los 80 m.

#### Relaciones estratigráficas

De acuerdo a Erben (1956) se encuentra descansando sobre el Conglomerado Numí por medio de un cambio litológico abrupto; su contacto superior es con la Formación Taberna, mediante un contacto estratigráfico transicional.

#### Edad

Erben (1956) le asignó una edad del Bajociano Inferior, tomando como base de su posición estratigráfica que mantiene con la Formación Taberna. Sandoval y Westerman (1987) fecharon con base en su contenido de amonitas a la parte inferior de la Formación Taberna con una edad el Bajociano temprano, por lo tanto, la Formación Zorrillo presenta una edad del Bajociano temprano.

#### Correlación

Considerando la edad bajociana que se adjudica a la Formación Zorrillo, se correlacionaría con las formaciones Tecamazúchil y Cahuwas. Pérez-Ibarguengoitia (1965) la correlaciona



con la Formación Tecomazúchil de la región de Petlalcingo considerando sus características petrológicas, las estructuras primarias como son la presencia de areniscas y limolitas que se acumularon en un ambiente fluvial.

#### Ambiente de depósito

Por la presencia de la abundante flora fósil, además de las lutitas carbonosas y los mantos de carbón, se tiene que su acumulación ocurrió en un ambiente costero pantanoso. Jiménez Rentería (2004) menciona que uno de los rasgos principales de dicha formación son los mecanismos alocíclicos, los cuales originaron sus capas; estos mecanismos alocíclicos definidos por Selley (1920) son resultado de cambios externos a la unidad sedimentaria, cambios como levantamiento, subsidencia o cambios eustáticos. Por lo que se tiene un depósito en una franja transversal a la costa marginal, con un aporte menor de terrígenos y con una baja influencia marina.

#### 2.1.2.2.2 Formación Taberna

##### Definición

Erben (1956) la definió como una unidad estratigráfica formada por lutitas oscuras, lutitas calcáreas con concreciones calcáreas, y calizas oscuras en bancos aislados; además de margas y limolitas oscuras, con contenido fósil de pelecípodos y amonitas, con areniscas de grano fino.

##### Localidad Tipo

Se localiza en las faldas de la Loma de la Tierra Amarilla, arriba del lado sur del Arroyo La Taberna, al noroeste de San Juan Diquiyú, en Tezoatlán, Oaxaca.

##### Distribución

Carrasco (1981) indica la existencia de afloramientos en la zona de Tlaxiaco, integrándola con la Formación Zorrillo. Se tienen afloramientos al noreste, este y sureste de San Juan Mixtepec, Oaxaca (López Ramos 1983). Sandoval y Westerman (1987) reportaron afloramientos alrededor del municipio de Tlaxiaco, además en las localidades de La Bolita, La Isleta y Los Rebajes, Oaxaca.

## Litología

De acuerdo a Erben (1956) la Formación Taberna esta constituida por lutitas oscuras, también presenta lutitas calcáreas oscuras que intemperizan a colores grises y cafés claros, con un contenido abundante de concreciones fosilíferas calcáreo-hematíticas y calcáreo-limonítica; las primeras de color rojo vino y las segundas de color amarillento, con diámetros de 5 a 25 cm; en ciertos niveles las concreciones se presentan como intercalaciones delgadas concrecionarias. También hay presencia de lutitas con concreciones esferoidales pequeñas con diámetros de 1.5 a 5 cm, son oscuras y calcáreas con bioturbación provocada por organismos perforadores. Además se cuenta con margas con crucero y algunos bancos aislados intercalados con una caliza oscura muy fina que intemperiza a color amarillento. Se tienen también limolitas finas oscuras con crucero y con canales formados por gusanos.

Sandoval y Westerman (1987) la describen en intervalos con base en las amonitas contenidas; en general describen calizas, limolitas y lutitas grises con concreciones ferruginosas, además de lutitas oscuras, con diferentes especímenes de amonitas, entre ellos *Stephanoceras* y *Duashnoceras*.

## Espesor

El espesor de esta formación varía de los 50 m hasta los 60 m.

## Relaciones estratigráficas

Se encuentra sobreyaciendo a la Formación Zorrillo de forma concordante y transicional; su contacto superior es concordante y transicional con la Formación Simón.

## Edad

Presenta una abundancia de restos de fauna fósil como son amonitas y pelecípodos, los amonites son fósiles índices con los que se interpreta una edad del Bajociano inferior y superior, además de pelecípodos con una gran variedad de géneros de trigónidos, algunas especies son *Myophorella Formosa* y *Vaugonia v-costata*, que han sido reportadas en el Bajociano de Europa, Asia y America del Sur (Alencaster, 1963). Burkhardt 1930, indica la existencia de Bajociano medio en base a amonitas característicos, aunque Arkell 1956, señala que dichos amonitas fueron mal clasificados pero considera la presencia del Bajociano. Con

base en las biozonas presentadas por Sandoval y Westermann (1987) la formación tiene una edad del Bajociano temprano al Bajociano tardío.

#### Correlación

Considerando que la Formación Taberna presenta una edad del Bajociano, similar a la formación Tecmazúchil. Además, Pérez-Ibarguengoitia (1965) la correlaciona con la Formación Tecmazúchil por sus características petrológicas y estructuras primarias.

#### Ambiente de depósito

Los sedimentos fueron depositados en un ambiente marino somero con circulación restringida en condiciones reductoras, que favorecieron la preservación de buenos ejemplares de fósiles marinos; aunque al tener un nivel de un manto de carbón, se interpreta que existieron condiciones de un ambiente mixto, predominando zonas pantanosas (López Ramos, 1983). Jiménez Rentería (2004) propone un origen marino dominante; esto con base en el contenido fósil, presencia muy escasa de areniscas y abundantes concreciones ferruginosas hematíticas, que indican un ambiente marino marginal.

#### 2.1.2.2.3 Formaciones Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.

##### Definición.

Con este nombre Carrasco (1981) conjunta a la dos formaciones descritas anteriormente, ya que presentan un notable parecido en litologías, e incluyendo su relación transicional que hace difícil su reconocimiento fuera de las localidades tipo. Además Erben (1956) en el mapa que realizó del área no hace una discriminación precisa de ellas al tener características litológicas similares. En el presente trabajo no se reconoció el cambio entre las formaciones Zorrillo y Taberna en el área de estudio, las litologías descritas de las unidades anteriores reportadas son muy parecidas y no es posible realizar la cartografía con la separación entre ellas, por lo que se describirá como una sola unidad estratigráfica.

##### Localidad Tipo.

Carrasco (1981) asignó como localidad tipo a las rocas que afloran cerca de la rivera del Río Numí, en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca.

## Distribución

Considerando a la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas como una sola unidad estratigráfica, se tienen afloramientos al noreste, este y sureste de San Juan Mixtepec, Oaxaca (López Ramos 1983). Sandoval y Westerman (1987) reportan afloramientos alrededor del municipio de Tlaxiaco, además en las localidades de La Bolita, La Isleta y Los Rebajes. Además de afloramientos en la parte oriental del Anticlinorio de Diquiyu, en el área de Tezoatlan (Jiménez R. 2004). Se reportan afloramientos en la parte noreste de Guerrero (Corona Esquivel, 1981), en la Barranca de la Carbonera, en las brechas que comunican a Coahuilote con Tecocoyunca, y Xalmolapa con Coyahualco; también aflora en las proximidades de los poblados de Saladillo y Cuateconsingo. Dentro del área de estudio se tienen afloramientos a lo largo del Río Numí, y en el camino de terracería que va de Tlaxiaco a San Juan Mixtepec, Oaxaca.

## Litología

Carrasco (1981) considera que hay tres litologías predominantes, las cuales también se consideran en este trabajo, sus principales características son:

-Limolita carbonosa: forma gran parte de la formación, la cual está constituida por granos con tamaño de limo fino a arena muy fina, aunque en general son de tamaño limo medio, los granos son de subangulares a angulares, con una clasificación que varía de mala a moderadamente buena. Mineralógicamente los granos en su mayoría son de cuarzo de origen metamórfico, además contiene en menor cantidad feldespato, mica, calcita y material carbonoso. El material arcilloso entre los granos es sobre todo caolín, clorita y ferromagnesianos.

-Limolita: presenta un mayor contenido de material del tamaño de limo con matriz arcillosa, con líticos angulares y con una mala clasificación, la mineralogía predominante es cuarzo de origen ígneo y micas. Entre los granos se presenta arcilla con matriz ferromagnesianos, como cementante.

-Areniscas, estas son subarcosas, litarenitas y grauvacas,

- a) Subarcosa: corresponde con la parte clástica mas gruesa que es la predominante, en la cual los granos son de tamaño de arena media de granos subredondeados y con una

- clasificación moderadamente buena; los granos en su mayoría son de cuarzo y en menor proporción de feldespato.
- b) Litarenitas: formadas por clastos de gneiss, esquistos y cuarzo, con un contenido de matriz arcillosa menor al 15 %.
  - c) Grauvacas: constituidas por granos de gneiss, esquistos y cuarzo, con un porcentaje mayor al 15 % de matriz arcillosa. La descripción detallada de cada una de ellas, además del contenido fósil encontrado se presenta en el capítulo III. (Figura 2.5 y 2.6).



Fig. 2.5 Intercalaciones de areniscas, con lutitas y carbón, los espesores de los estratos varían de 30 cm a 1.5 m, afloramiento localizado entre el camino de terracería y el Río Numí.



Fig. 2.6 Intercalaciones de areniscas con lutitas con carbón, ubicada en los márgenes del Río Numí.

Las areniscas presentan estructuras sedimentarias como son: estratificación convoluta, bioturbación representada por pistas y tubos de gusanos, estratificación cruzada y estratificación gradada, y rizaduras; presenta un contenido fósil abundante, como son plantas terrestres e invertebrados marinos.

-Lutitas: con una gran cantidad de material arcilloso, con contenido variable de carbón, y presencia de flora fósil como benetiales, equisetos, helechos, entre otros.

#### Espesor

Por el ambiente sedimentario en el que se acumuló y por el tipo de sistema de depósito se tiene que el espesor de toda esta unidad es variable, aunque contando con información tanto, superficial como del subsuelo, a partir de las secciones geológicas se tiene un promedio de 300 m. En la zona se midió un espesor total de 325 m.

#### Relaciones estratigráficas

Las formaciones indiferenciadas descasan discordantemente sobre el Conglomerado

Numí en un contacto transicional; presenta el mismo tipo de contacto con la Formación Simón que se encuentra por encima de ellas (Carrasco 1981). Se observó un contacto discordante entre esta formación y la unidad conglomerática en el área de estudio, y un contacto transicional con la formación que se encuentra encima de ella la cual corresponde con la Formación Simón.

Edad

Al encontrarse una variedad de fósiles con un amplio alcance de edades no se permite que se precise una edad (Carrasco, 1981); sin embargo, el alcance estratigráfico de los fósiles se relaciona con el intervalo Bajociano-Batoniano; además que Erben (1956) asignó una edad de Bajociano al Batoniano inferior con base en las amonitas características y la relación estratigráfica a las formaciones Zorrillo y Taberna. La flora fósil encontrada comprende benitales, helechos, equisetos, coníferas principalmente, además de semillas, conos y posibles angiospermas, esta es característica de gran parte del Mesozoico, por lo que no, ayuda mucho a determinar la edad de esta formación.

Correlación.

Se correlaciona con las formaciones Etlaltongo y Yogana de Oaxaca (Schlaepfer, 1970; Wilson y Clabaugh, 1970), también se correlaciona con la Formación Tecomazúchil de Puebla (Pérez-Ibargüengorita et al, 1965).

Ambiente de depósito.

Con base en las 3 litologías características, Carrasco (1981) interpreta la existencia de dos ambientes de depósito característicos, el primero un ambiente costero pantanoso predominante, y el segundo, un ambiente fluvial mas reducido; los dos formarían parte de un complejo deltaico. Además las zonas de carbón indican ambientes pantanosos, según Stach et al (1975) se necesitan ciertas condiciones paleogeográficas y tectónicas, como son:

-Subsidencia para la formación de la turba.

-Protección de la zona pantanosa de inundaciones marinas y de ríos por medio de playas, barras de arena y otras.

-Relieve de baja energía de la parte continental y un aporte escaso de sedimentos fluviales.

También con base en los fósiles de conchas de pelecípodos, se interpreta un ambiente marino o salobre (Buitron, 1981) y las plantas corresponden a un clima calido y húmedo (Wieland, 1914; Silva-Pinerda; 1970, Person, 1976).

Con las facies litológicas, estructuras sedimentarias y el contenido fósil descritos en el Río Numí y sus cercanías, se interpreta que la unidad se acumuló en un ambiente deltaico, ya que se presenta una intercalación de material fino como de lutitas con material grueso de areniscas, así como un gran contenido de materia orgánica, como se ve en los cuerpos de carbón encontrados. Además la flora fósil contenida, como son los bennettitales indican una temperatura cálida, los helechos y equisetos se encuentran relacionados con ríos, por lo que se tiene un delta.

#### 2.1.2.2.4 Formación Simón

##### Definición.

Erben 1956, define a la unidad de la siguiente manera: "... contiene areniscas amarillentas o café, de grano medio hasta grueso y de estratificación mediana hasta gruesa. Además hay areniscas de grano fino, cuarcitas claras que contienen esferoides endurecidos de gran diámetro (20-25 cm), de color café claro, también contiene areniscas conglomeráticas y limolitas y lodolitas a veces de colores vivos. Existen en esta formación aproximadamente en la mitad de su espesor, un conglomerado de tipo Cualac, es decir, un conglomerado de una matriz cuarcítica, dura, gris, conteniendo guijarros de cuarzo lechoso. Este conglomerado, sin embargo, contiene guijarros menos numerosos y de menor tamaño que los del Conglomerado Cualac en su localidad tipo. A veces en el conglomerado correspondiente de la Formación Simón, los guijarros de cuarzo se pierden completamente, de manera que en estos casos se trata de una cuarcita gris. Además, en la Formación Simón se encuentran lutitas carbonosas y mantos de carbón, así como algunos bancos de caliza obscura, fina, amarilla en la superficie."

##### Localidad Tipo.

Erben (1956) describió la Formación Simón proponiendo como localidad tipo el Arroyo del Simón en la Barranca del Carrizo, al noreste de San Juan Diquiyú, en la región de Tezoatlán, Oaxaca.



### Distribución.

Carrasco (1981) describe como Formación Simón a la secuencia de areniscas que afloran principalmente en el Arroyo de Allende y lo hace extensivo a los cuerpos litológicos y estratigráficamente similares, que se encuentran fuera del área de su estudio. Afloramientos de esta unidad se encuentran bien expuestos en el sur del área de estudio, en el camino de terracería que conduce a San Juan Mixtepec.

### Litología.

La formación se compone en su parte principal de una arenisca subarcósica de grano medio a muy grueso, de color gris claro, en capas estratificadas de 0.4 a 1 m y algunas hasta de 1.5 m cuando aumenta el tamaño de grano; presenta alternancias menores de capas de limolitas en colores rojizos y grises. En algunos sitios se tiene un cambio de subarcosa a cuarzoarenitas con un espesor variable de 10 a 50 m.

Carrasco (1981) considera que la formación tiene las siguientes dos litologías más abundantes:

-Subarcosa: los granos clásticos representan el 95% del sedimento, de los cuales el contenido de cuarzo es de alrededor de 80% y de feldespatos alcalinos 20%.

-Limolita: el tamaño de sus componentes es de limo fino y arcilla. Los granos de limo fino son posiblemente de cuarzo, calcedonia y ferromagnesianos.

Además hay areniscas cuarcíticas de grano fino, con concreciones esferoidales grandes, areniscas conglomeráticas y limolitas y lodolitas, así como lutitas carbonosas y mantos de carbón.

Las litologías características del área de estudio son areniscas en las que varía de grano medio a fino, con clastos en su mayoría de cuarzo y en menor proporción fragmentos de roca, el contenido de matriz arcillosa varía, por lo que, se tienen litarenitas y grauvacas; ambas se encuentran intercaladas con lutitas, aunque hacia la parte superior hay menor proporción de lutitas dentro de las que se encuentran lentes de areniscas conglomeráticas conformadas por clastos de cuarzo. El espesor de las areniscas es muy variable, desde 7 cm hasta los 5 m,

aumentando los espesores hacia la parte superior, mientras que los espesores de los estratos de lutita varían de 3 cm a 3 m.

Los estratos son paralelos, aunque también presentan en algunas zonas estratificación cruzada (fig. 2.7), con estructuras correspondientes marcas de carga y rellenos de canal; además contiene de nódulos y costras de Fe.



Fig. 2.7 Estratificación cruzada en areniscas, afloramiento ubicado en el camino de terracería.

Espesor.

Carrasco (1981) estimó que la unidad tiene un espesor promedio de la Formación Simón de 300 m. En el área se midió la parte basal de esta unidad, a lo largo del camino de terracería que lleva de Tlaxiaco a San Juan Mixtepec, Oaxaca, donde fueron medidos 200 metros, ya que su cima está cubierta.

#### Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior es concordante con la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. El contacto superior con la Formación Otatera es concordante y transicional, aunque en donde se midió la columna esta cubierta. Hay otros sitios donde el contacto superior es discordante con el Conglomerado Allende o con el Terciario Indiferenciado; mientras que cuando aflora en los lechos del río solamente está cubierta por el aluvión cuaternario o por suelos. Hacia el sur, la

formación se adelgaza lateralmente hasta acuñarse, esto se debe a las características del sistema de depósito y a la geometría de la cuenca.

#### Edad.

Al no encontrarse fósiles en esta formación, Carrasco (1981) consideró sus relaciones estratigráficas, ya que sobreyace transicionalmente a las formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas de edad bajociense-batoniense temprana y subyace concordantemente a la Formación Otatera, cuya edad es probablemente batoniense tardío; la edad más probable para la Formación Simón es del intervalo del Batoniano medio. Sandoval y Westermann (1987) con base en sus trabajos paleontológicos le asignan una edad del Bajociano tardío al Batoniano temprano.

#### Correlación.

Carrasco (1981) la correlaciona con la parte media de la Formación Etlaltongo (Schlaepfer, 1970) y de la Formación Yogana (Wilson y Clabaugh, 1970), ambas del Estado de Oaxaca; también se correlaciona con la Formación Tecomazuchil, en el área de Petlalcingo, Puebla (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965).

#### Ambiente de depósito.

El ambiente de depósito para las areniscas corresponde con una llanura amplia de baja pendiente. La parte fina sugiere un transporte lejano por influencia fluvial donde la energía de transporte era muy baja; a veces el fondo lodoso era expuesto a oxidación subárea, originando ese color rojizo en las capas, pero también ocurrían periodos donde la llanura era invadida por corrientes fluviales, como se observan por los rellenos de canal; las marcas de carga y la estratificación cruzada. Por lo que, con base en las litologías y las estructuras sedimentarias se interpreta que el depósito fue originado en una llanura de inundación la cual se encontraba muy próxima a la costa.

#### 2.1.2.2.5 Formación Otatera.

##### Definición

Erben (1956) definió a esta unidad de la siguiente manera: "... consiste de areniscas de grano fino a medio, de estratificación delgada y muchas veces de estratificación cruzada. Además

existen en esta formación, areniscas de grano fino cuarcíticas, limolitas y lodolitas de color café claro a beige, lutitas oscuras con concreciones calcáreo-hematíticas de color rojo y calcáreo-limoníticas de color amarillento, así como bancos ocasionales de calizas oscuras. Muy frecuentes son, además, calizas oscuras y limolitas calcáreas, ambas desarrolladas en forma de coquinas de *Ostrea* sp. Cuyas conchas son de color negro. En algunos niveles, además, se encuentran coquinas sueltas de *Pseudotrapezium* aff. *Cordiforme* (DESH.), que a veces contiene bastante yeso en plaquitas delgadas o sustituyendo las conchas de los fósiles...”

#### Localidad Tipo

Erben (1956) designó como localidad tipo de la Formación Otatera, a la secuencia de rocas sedimentarias que afloran en la parte central y salida septentrional de la Cañada Otatera; en los márgenes del río Rosario de la región de Tezoatlán, Oaxaca.

#### Distribución

Carrasco (1981) asigna el nombre de Formación Otatera a las coquinas y areniscas que afloran en el Arroyo de Doña Chona. En el área de estudio se tienen afloramientos en las proximidades del poblado de Tlaxiaco, Oaxaca, sobre la terracería que va de Tlaxiaco a San Juan Mixtepec.

#### Litología.

De acuerdo a Carrasco (1981), la mayor parte de la Formación Otatera está constituida por coquinas de color negro de *Eocallista*, *Pleuromya*, *Crenotrapezium* y ostréridos. Las coquinas se encuentran intercaladas principalmente con capas calcáreas de intraespatita de color gris cremoso, en las que se encuentran cristales blanquecinos de calcita y muy pequeños fragmentos de conchas de color negro. El conjunto de coquinas tiene cementante calcáreo y forman capas delgadas de 4 a 5 cm. La parte superior de la Formación Otatera se constituye de areniscas de grano fino a grueso en capas que varían de 1 a 20 cm de espesor. La intraespatita es el principal material predominante de las diferentes litologías presentes en esta formación; contiene fragmentos líticos de toba, cuarzo y subarcosa. Presenta estratos de calcarenita gruesa, con fragmentos líticos subredondeados de dos clases de tamaños. La composición promedio de los granos es como sigue: espatita 90%, líticos de subarcosa 3%,

líticos de toba 3%, cuarzo volcánico 2% y feldespatos posiblemente alcalinos 2%. La matriz está constituida principalmente por calcita espática. Debido a la mineralogía presente se sugiere una fuente de origen sedimentaria probablemente constituida por subarcos con la presencia de rocas volcánicas tobáceas. En los afloramientos que se encuentran en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca, se tienen areniscas de grano fino, con color al intemperismo de pardo oscuro, mientras que al fresco son de color pardo claro. Contiene clastos compuestos de cuarzo y líticos, contenidos en una matriz arcillosa, por lo que se tratan de grauvacas. Forman estratos paralelos con espesores de hasta 1 m. Además contiene coquinas de pelecipodos, las cuales al intemperismo son de color pardo y al fresco de color negro (Fig. 2.8).



Fig. 2.8 Coquina de pelecipodos, localizada en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca, en el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec. Los pelecipodos tienen un tamaño de 1 a 3 cm. Espesor.

El espesor total de la Formación Otatera reportado por Carrasco (1981) es de 170 m.

#### Relaciones Estratigráficas.

Su contacto inferior es transicional con la Formación Simón, ya que se presenta con cambio de areniscas a coquinas de color negro. El contacto superior es transicional con la Formación Yucuñuti, aunque también es discordante en algunas partes con el Terciario Indiferenciado y con el aluvión Cuaternario; este contacto transicional consiste de coquinas de *Gryphaea* de color negro a areniscas de grano fino de color blanco. Lateralmente la Formación Otatera se

adelgaza hasta acuñarse, esto se puede observar en la región sur del área de estudio, acuñamiento que es producto de las características del límite de la cuenca de depósito.

Edad.

Erben (1956) encontró en la Formación Otatera el amonita *Epistrenoceras paracontrarium* del Batoniano tardío.

Correlación.

Debido a la falta de fósiles en la unidad para asignarle una edad específica, se correlacionó la Formación Otatera se dificulta, con parte de las formaciones Etlaltongo y Yogana de Oaxaca (Schlaepfer, 1970; Wilson y Clabaugh, 1970), y con la Formación Tecamazuchil de los límites de Puebla y Oaxaca (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965).

Ambiente de Depósito.

El ambiente de depósito para esta secuencia corresponde con aguas someras de circulación restringida, con aporte de terrígenos depositados en episodios de mayor energía. Se interpreta la existencia de un alto topográfico próximo, debido a la presencia de material detrítico, relativamente cercano a la cuenca de depósito. Por lo que se tienen dos ambientes de depósito en la Formación Otatera: uno nerítico somero, ya que Carrasco 1981 reporta material calcáreo en la parte superior, y otro de playa ya que se tienen areniscas de grano fino con areniscas de grano grueso origen continental. La cuenca sedimentaria estuvo sometida a un hundimiento constante, esto se deduce por el sepultamiento de las coquinas que conforman a esta formación.

#### 2.1.2.2.6 Formación Yucuñuti

Definición

Erben (1956) define a esta formación y la describe como coquinas de pelecípodos y gasterópodos pequeños, con algunas concreciones calcáreas que intemperizan en color café claro, además de calizas compactas, calizas margosas suaves de color café, margas de color café, y lutitas oscuras con concreciones esferoidales pequeñas. Carrasco (1999) considera que la formación está compuesta por 3 miembros, los cuales son: Miembro Simón, Miembro Otatera y Miembro Yucuñuti.

### Localidad Tipo

La localidad tipo de dicha formación se localiza en el arroyo Yucuñuti, al este de Santa María Yucuñuti, en la región de Tezoatlán, Oaxaca.

### Distribución

En el área de estudio se tienen buenos afloramientos en el Arroyo Doña Chona (Carrasco, 1981). También aflora en las zonas de San Juan Mixtepec y Santa María Asunción Tlaxiaco (López Ramos, 1983).

### Litología

De acuerdo con Erben (1956) se constituye de coquinas sueltas de *Ostrea*, coquinas con pelecipodos pequeños en general del género *Astarte*, y coquinas sueltas de *Cerithium*. Los dos últimos tipos de coquina en ocasiones presentan yeso secundario o concreciones calcáreas con diámetros de 3 a 10 cm, que al intemperizar tiene color café claro. También se tienen calizas duras y calizas margosas blandas de color café, margas de color café oscuro y lutitas oscuras a veces conteniendo concreciones esferoidales con diámetros de 0.5 a 4 cm. Las lutitas y las coquinas sueltas de *Ostrea* en ocasiones tienen intercalaciones calcáreas delgadas. Además hay limolitas de color café y algunos bancos gruesos de cuarcita de grano muy fino.

Carrasco (1981) la describe como una secuencia de areniscas de grano fino con colores blancos y rosas; sobreyacen a esta secuencia, coquinas de ostreidos de color negro y limolitas de color gris claro con marcas de gusanos; finalmente presenta una intercalación de calizas fosilíferas y coquinas de *Lucina*, ambas en capas delgadas. Las tres principales litologías son:

-Cuarzoarenita: con granos de tamaño de arena fina, con una clasificación moderada. Mineralógicamente presenta en mayoría cuarzo ígneo y un poco metamórfico, entre los granos de cuarzo hay arcillas como matriz.

-Limolita: se compone en gran parte de granos angulares de pequeñas partículas de cuarzo ígneo intrusivo y un poco metamórfico. Además hay feldespato posiblemente alcalino. El material alrededor de los granos son arcillas, micas y algo de limo, también presenta pequeñas cantidades de cementante calcáreo.

-Biomicrita: contiene fragmentos de bivalvos con terrígenos constituidos por cuarzo ígneo y metamórfico, además de fragmentos líticos de ignimbrita.

#### Espesor

Se presenta un espesor muy variable de esta unidad, en algunos sitios se tienen espesores de hasta 200 m, pero por lo general se tiene un espesor entre los 50 y 90 m.

#### Relaciones estratigráficas

Se presenta concordantemente sobre la Formación Otatera, este cambio se reconoce según Carrasco (1981) con el cambio de coquinas *Gryphaea* a areniscas de grano fino.

Sobre la Formación Yucuñuti se tiene discordantemente la Caliza con *Cidaris*, identificada por el cambio de biomicritas a coquinas, indicando un periodo de erosión; aunque López Ramos (1983) y Alencaster (1963) la reportan como un límite concordante.

#### Edad

La fauna fósil es abundante, principalmente representada por amonitas y pelecípodos; por las amonitas se le asigna una edad correspondiente al límite entre el Calloviano inferior y Calloviano superior (Alencaster 1963). Los géneros más importantes de amonitas son *Reineckeia*, *Peltoceras* y *Xenoccephalites* identificados por Burkhardt (1927) en el área de Cualac, Guerrero. Mientras que Westerman et al (1984) al identificar y modificar la determinación de estas amonitas interpretan a la formación del Batoniano superior al Calloviano inferior. Se tiene evidencia de la presencia del Calloviano medio por la presencia del fósil índice *Reineckeia anceps* (Carrasco, 1999). Por lo tanto, se interpreta una edad del Batoniano superior al Calloviano medio.

#### Correlación

De acuerdo a Carrasco (1981) se correlaciona con las formaciones Etlaltongo y Yogana de Oaxaca (Schlaepfer, 1970; Wilson y Clabaugh, 1970).

#### Ambiente de depósito



Con base en la serie de las tres litologías principales que se presentan descritas por Carrasco (1981), deduce un ambiente de depósito litoral, con tres subambientes de acuerdo a las siguientes litologías:

-Cuarzoarenita: se acumuló en un ambiente de llanura de inundación, con un transporte lejano, considerando el tamaño del grano; el aporte provino de rocas metamórficas e ígneas.

-Limolita: probablemente el ambiente de depósito de esta litofacies fue una laguna costera conectada con el mar, esto por la asociación entre el cambio litológico y las coquinas.

-Biomicrocristal: posiblemente se depositó en un ambiente de mares neríticos someros o epicontinentales con un aporte importante de terrígenos.

### 2.1.2.3 Formación Caliza con *Cidaris*

#### Definición

Esta secuencia de rocas calcáreas fosilíferas de edad oxfordiense ha sido descrita por Félix (1891), Felix y Lenk (1899), Burkhardt (1930), Erben (1956) y Carrasco (1981), pero fue Erben (1956), quien dio este nombre a una secuencia de rocas sedimentarias calcáreas fosilíferas, tomando en cuenta la composición litológica y la presencia del género de equinodermos *Cindaris*, que corresponde a una edad del Oxfordiano.

Carrasco (1981) la describió como una secuencia de biomicrocristal arcillosa y biointramicristal con intercalaciones de coquinas de bivalvos en la parte inferior y media. En la parte superior se presentan pequeños lentes de pedernal.

#### Localidad Tipo

La localidad tipo se localiza en el Cerro de Titania, ubicado al norte de Tlaxiaco, en Oaxaca.

#### Distribución

Se tienen afloramientos en el Cerro Titania, en la zona de Mixtepec llamada la Isleta (Erben, 1956). Además Carrasco (1981) reporta afloramientos en la cabecera del Arroyo Doña Chona continuando hasta un lugar llamado Barrio Séptimo, que se encuentra fuera del área de estudio. Aflora también en la zona de Tezoatlán-Santa María Tindú (Caballero Miranda, 1990).

## Litología

Las rocas que comprenden a esta formación son margas de color gris claro a medio, y calizas arcillosas de color gris, intercaladas en estratos de 5 a 10 cm de espesor. En ocasiones en el nivel inferior existen coquinas de *Ostrea* y *Exogyra*, parecidas a las de la Formación Yucuñuti pero con predominio de *Exogyra*. Se presentan las mismas margas en el nivel medio pero con intercalaciones de bancos de calizas margosas; además bancos de calizas duras, oscuras con nódulos de pedernal. Finalmente en el último nivel se tienen calizas compactas oscuras con pedernal; se presenta en bancos estratificados con 30 cm a 1 m de espesor. En ciertas localidades predominan equinoideos, en otras braquiópodos, en algunas *Exogyras*, *Ostreas* y unas mas tallos de *Millericrinus nolycionus*.

Carrasco (1981) describe a la Caliza con *Cidaris* también en tres niveles, en el nivel de la base se compone de biomicritas arcillosas de color gris claro en capas delgadas con fragmentos fósiles, intercaladas con coquinas de *Grypahea mexicana* con *Lima*, además de biomicritas con *Parathydina mexicana*. Le sigue biomicrita con fracturas rellenadas por calcita, con abundancia de exacorales y fragmentos de invertebrados; presenta en forma masiva. En el nivel medio se presentan capas delgadas de coquinas de bivalvos que intemperizan a gris claro, además de biointramicrita en capas medianas. En el nivel superior hay calizas de equinoideos en estratos delgados; las dos litologías principales en este nivel son:

-Biomicrita: tienen arcilla, en mayor cantidad con mesostasis de calcita y con menor fracción fragmentos de conchas y algunos granos de cuarzo.

-Biointramicrita: se compone de intraclastos de calcita espática y fragmentos de ostracodos; se encuentran contenidos en calcita microcristalina.

## Espesor

El espesor total no se conoce, Erben (1956) reporta un espesor variable de 60 a 80m, mientras que Carrasco (1981) al no encontrar el contacto superior en el área de Tlaxiaco, estimó el espesor entre los 150 y 200 m.

## Relaciones estratigráficas

De acuerdo con Erben (1956), la Caliza con *Cidaris* sobreyace a la Formación Yucuñuti, mediante un límite concordante y transicional, mientras que Carrasco (1981) considera este contacto como “discordante erosional”, con base en el cambio de calizas en capas delgadas de la Formación Yucuñuti a coquinas, inclusive llega a cubrir directamente a la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. El límite superior es discordante con las calizas de la Formación Teposcolula.

#### Edad

Hay una abundante fauna fósil de invertebrados como moluscos, braquiópodos y equinodermos que permiten asignarle una edad del Calloviano-Kimmeridgiano. Buitrón (1970) determinó los equinodermos encontrados en la localidad-tipo, reportando especies del género *Cidaris* que corresponden al Oxfordiano; también reporta las especies *Pedina sublaevis* y *Stomechinus semiplacenta*, la primera nombrada en el Calloviano de Francia, y la segunda en el Kimmeridgiano en el mismo país, por lo que tomando estrictamente estos alcances la Caliza con *Cidaris* comprendería del Calloviano al Kimmeridgiano.

#### Correlación

Se correlaciona con la Caliza Chimeco (Pérez et al 1965), localizada en la parte centromeridional de Puebla en los límites con Oaxaca, y posiblemente con las formaciones Etlaltongo y Yogana de Oaxaca (Schlaepfer 1970, Wilson y Clabaugh 1970).

#### Ambiente de depósito

Los sedimentos se depositaron en un ambiente marino somero (Carrasco, 1981) de baja energía; la presencia de intraclastos y fragmentos de conchas indican flujos ocasionales de baja a alta energía, además el color claro del sedimento indica que las aguas estuvieron bien oxigenadas.

### **2.1.3 Cretácico.**

#### 2.1.3.1 Formación Teposcolula

##### Definición

Salas (1949) fue el primero en definir esta formación, aunque de manera informal, asignándole una edad del Jurasico Tardío; la definió de la siguiente manera “..caliza color crema o gris oscura, que se vuelve blanca con el intemperismo, es densa y con algunos horizontes fosilíferos con abundantes ostras pequeñas casi destruidas por la erosión en la superficie, con partes masivas y otras bien estratificadas”.

Erben (1956) le asignó una edad del Oxfordiano pero también sin presentar alguna evidencia. Fue Ferrusquía-Villafranca (1976) quien con base al contenido fósil como foraminíferos, tintínidos, gasterópodos y pelecípodos encontrados en un paquete calcáreo, la definió formalmente y le asignó una edad del Cretácico, del Albiano y Coniaciano.

#### Localidad Tipo

La localidad tipo de los afloramientos se ubican en la población de San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca.

#### Distribución

Se presentan afloramientos en el sur y este de la zona de Tlaxiaco; aunque los afloramientos principales se ubican dentro de la zona de Tamazulapam y Teposcolula (Móran Zenteno, 1987).

#### Litología

Ferrusquía-Villafranca (1976) menciona que esta formación se encuentra constituida por biomicritas en capas de hasta 1 m de espesor, con nódulos de 30 cm de largo y lentes de pedernal hasta con 30 cm de espesor. Además de biomicrorudita, de pelmicrita y biopelmicrita; también contiene cuerpos de micrita dolomítica y de brecha intraformacional. Caballero-Miranda 1990, la divide en dos partes inferior y superior; la zona inferior está formada por calizas masivas tipo mudstone y packstone con presencia de nódulos de pedernal, mientras que la parte superior se compone de calizas arcillosas y limosas, además de arenisca calcárea, margas y calizas masivas.

#### Espesor

Pérez-Ibagueñoitia (1965) estimó un espesor de 400 m, aunque se tiene un espesor de mas de 1000 metros en la zona sureste de la Cuenca de Tlaxiaco (Caballero-Miranda, 1990).

## Relaciones estratigráficas

Presenta un contacto inferior discordante con las formaciones del Jurásico, aunque López Ramos (1979) con base en datos de los pozos Teposcolula No.1 y Yucudac No.1 menciona que se encuentra por arriba de una unidad de evaporitas. Su contacto superior es con las secuencias volcánicas y volcanoclasticas cenozoicas.

## Edad

A esta formación se le asigna una edad del Albiano-Cenomaniano inferior con base en su contenido fosilífero de miliólidos y rudistas (Pérez-Ibagueoitia, 1965). Aunque puede extenderse su intervalo hasta el Turoniano, esto en base al fósil de *Gryphaea graysonana* (Caballero Miranda, 1990).

## Correlación

Ortega-Guerrero (1989) la correlaciona con la Caliza Coyotepec en el Estado de Puebla; también se le correlaciona con las formaciones Cuautla y Morelos debido a su parecido litológico y su contenido fósil (Fries, 1960); así mismo se correlaciona con la Caliza Cipiapa (Calderón-García, 1956) y la Caliza Petlalcingo (Salas, 1949). Todo este conjunto presentan un evento de sedimentación calcárea durante el Albiano-Coniaciano.

## Ambiente de depósito

Con base en las comunidades fósiles neríticas y pelágicas encontradas y las litofacies de alta y baja energía, se interpreta que se acumuló en un ambiente de aguas cercanas a la costa, con lapsos de acumulaciones en mar abierto, por lo que se tiene un relieve contrastado. Aunque la carencia de oolitas, su pobre clasificación y las abundantes micritas indicarían más un ambiente de energía baja a media (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

### **2.1.4 Paleógeno.**

#### 2.1.4.1 Conglomerado Allende

#### Definición.

Carrasco (1981) definió a esta unidad de la siguiente manera “Se propone el nombre Conglomerado Allende, para designar el conglomerado de guijarros y matatenas de caliza y esquisto, de estratificación masiva...”.

#### Localidad Tipo.

Carrasco (1981) tomó el nombre de Allende, Municipio de Tlaxiaco, debido a que en esa población se observan sus características litológicas y relaciones estratigráficas con claridad.

#### Distribución.

De acuerdo al mapa geológico realizado por Carrasco (1981), este conglomerado se encuentra aflorando en las cercanías del poblado de Allende, y en algunas partes del Río Numí.

#### Litología

Se trata de un conglomerado de tipo oligomíctico, pero en algunas partes se encuentran conglomerados polimícticos. Carrasco (1981) describió la unidad como un conglomerado con cementante de limo y arenisca fina de color rojizo, con granos de hasta 3 mm. Los cuerpos de conglomerado polimíctico consisten de fragmentos de caliza, cuarzo, arenisca y esquisto, los cuales tienen partículas angulosas y un tamaño que varía de guijarros a cantos.

#### Espesor

Carrasco (1981) considera que tiene un espesor que varía de 70 a 100 m.

#### Relaciones Estratigráficas

El contacto inferior del Conglomerado Allende es discordante en su totalidad con las unidades más antiguas del Jurásico y Cretácico. El contacto superior es también discordante, en su mayoría está en contacto con el Terciario Indiferenciado y sólo en algunas partes con la Andesita Yucudaac.

#### Edad

Debido a que no se encontraron fósiles en la formación, Carrasco (1981) le asignó una edad eocénica tomando como criterios su posición estratigráfica basal en la secuencia terciaria y su semejanza litológica con el Conglomerado Tamazulapan (Ferrusquia-Villafranca, 1976).

#### Correlación

Se puede correlacionar litológicamente con el Conglomerado Tamazulapan (Ferrusquia-Villafranca, 1976); además, su edad puede correlacionarse con la de la Formación Huajuapán. Con base en la descripción litológica del Conglomerado Tamazulapan y la cercanía a la región de Tlaxiaco, se piensa que puede tratarse de la misma unidad; además que el material tanto de una unidad como de la otra, proviene mayoritariamente de clastos de la Formación Teposcolula.

#### 2.1.4.2 Andesita Yucudaac

##### Definición

Ferrusquia-Villafranca (1976) define a esta unidad como: “... secuencia de derrames lávicos de andesita de clinopiroxeno, de color gris oscuro a negro, microporfídica, traquítica...”.

##### Localidad Tipo

Se asigna al Cerro de Yucudaac, debido a que es el lugar principal del área de afloramientos de la Andesita Yucudaac.

##### Distribución.

La Andesita Yucudaac se distribuye en las partes altas de las sierras entre los poblados de Tamazulapan, Nochixtlán, Chalcatongo y Yosundua; sobreyace discordantemente a la Toba Llano de Lobos, aflora al este de Teposcolula, sureste, suroeste y norte de San Miguel Marcos Pérez y noreste del pueblo de Tejupan (Santa María-Díaz, 2003).

##### Litología

Carrasco (1981) las describió como: “roca volcánica gris, afanítica, de aspecto másico y con fenocristales alterados en color blanquecino”; la clasificación petrográfica realizada por este autor indica que corresponde con una andesita de hiperstena y augita, andesita

glomeroporfídica de dos piroxenas y andesita glomeroporfídica. Ferrusquia-Villafranca (1976) menciona que es una secuencia de derrames lávicos, con una composición de intermedia a básica. En su mayoría andesitas con color en tonos grises al fresco y de color rojizo al intemperismo, son afáníticas.

#### Espesor

Ferrusquia-Villafranca (1976) estimó un espesor de 500 m, aunque menciona espesores de hasta 1000 metros. Carrasco (1981) en su trabajo en la región de Tlaxiaco, Oaxaca, consideró un espesor de 50 a 100 m.

#### Relaciones Estratigráficas

El contacto inferior es discordante tanto con la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas como con el Conglomerado Allende. No hay rocas sobreyacientes en algún lugar cercano al área de estudio (Carrasco 1981). Ferrusquia-Villafranca (1976) menciona que se encuentran de manera discordante sobre una unidad paleógena ígnea nombrada Toba Llano de Lobos, fuera del área de estudio.

#### Edad

La edad más probable para esta formación es del Oligoceno tardío, esta edad la obtuvo Carrasco 1981, interpretando a estas rocas como una extensión de la Andesita Yucudaac descritas por Ferrusquia-Villafranca (1976).

#### Correlación

Al no tener una fecha muy precisa para la edad de estas rocas la correlación es tentativa con las Rocas Volcánicas Ácidas e Intermedias del área de Mariscal, en el estado de Oaxaca (Ruiz-Castellano, 1970).

### 2.1.4.3 Terciario Indiferenciado

#### Definición



Carrasco (1981) describe como Terciario Indiferenciado al conjunto de rocas volcánicas que incluyen derrames andesíticos y tobas de granulometría diversa y composición predominantemente silícica, que no muestran un arreglo definido. Se describe como Terciario Indiferenciado, pero probablemente sea más adecuado denominarla como “Cenozoico-Indiferenciado”

#### Distribución

Los principales afloramientos se encuentran en el poblado de San Nicolás Nundichi, en el Cerro del Jabalí, el Cerro del Águila y Loma Yotuyo.

#### Localidad tipo

Carrasco (1981) al considerar varias unidades como una sola no establece una localidad tipo como tal; sin embargo, los mejores afloramientos se tienen en San Nicolás Nundichi.

#### Litología.

Se distinguen dos litologías principales: Andesita de piroxeno y tobas cristalinas; las andesitas son de textura afanítica, color gris oscuro y color al intemperismo café claro. Las tobas son color rosa claro al fresco y al intemperie color blanquizo.

En el área de estudio hay afloramientos de areniscas conglomeráticas con intercalaciones de areniscas de grano fino con arcilla (fig. 2.9), estos afloramientos se encuentran en parte norte de Tlaxiaco, Oaxaca, muy cerca de dicho municipio; los clastos de ambas unidades van de subredondeados a subangulosos, y son de líticos de rocas ígneas y cuarzo. Los estratos son irregulares y continuos, teniendo un espesor de hasta 1.8 m.

También afloran andesitas con lavas almohadillas (fig. 2.10) en las zonas cercanas al municipio de Tlaxiaco, Oaxaca, las dimensiones cortas del derrame que formó las lavas almohadillas sugiere que se originaron en un lago. El contenido mineralógico de las lavas almohadillas está compuesto por andesina, anfíboles y piroxenos.



Fig. 2.9 Areniscas conglomeraticas, localizadas en la parte norte del municipio de Tlaxiaco, Oaxaca.



Fig. 2.10 Lavas almohadillas localizadas en la parte norte del municipio de Tlaxiaco, Oaxaca.

Espesor.

Carrasco (1981) en su estudio estimó un espesor para esta unidad de 300 m.

### Relaciones Estratigráficas

Se tiene un contacto inferior discordante con el Conglomerado Allende en su mayoría, y en algunas partes con la Formación Simon y la Formación Otatera.

### Edad

Por su posición estratigráfica se interpreta una edad del Paleógeno.

### Correlación

Con base a las litologías definidas por Carrasco (1981) en la zona de Tlaxiaco, sus respectivas edades y la cercanía con el área de estudio, este paquete lítico se correlaciona con:

-Tobas Llanos de Lobos y Cerro Verdes, ambas unidades descritas por Ferrusquía-Villafranca (1976) como tobas andesíticas; la primera más antigua que la segunda; estas afloran en las cercanías de Tamazulapan, Oaxaca.

-Andesita San Marcos: son derrames de andesitas porfíricas, que se encuentra aflorando en la zona de Yucudaac-Tamazulapan al igual que la Andesita Yucudaac.

- Unidad Ahuehuetitlan: Caballero Miranda (1990) las compara estratigráfica y litológicamente con las Andesitas Yucudaac y Andesitas San Marcos. Son rocas andesíticas con textura porfídica; por lo que, podría tratarse de alguna de las unidades mencionadas anteriormente.

Por lo tanto al realizar estas comparaciones de unidades ígneas, la Andesita Yucudaac se incluiría dentro de la unidad llamada Terciario Indiferenciado.

#### 2.1.4.4 Rocas Intrusivas Yuni

##### Definición

Estas rocas fueron descritas por Carrasco (1981) quien las considera como rocas hipabisales; son de color gris y a la intemperie, de color pardo amarillento; se presentan en forma diques y diquestratos de 200 a 500 m de largo con un ancho promedio de 10 m. Intrusionan a las unidades del Jurásico, específicamente a las formaciones Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, Simón y parte de la Formación Otatera.

### Localidad-tipo

Carrasco (1981) considera a los afloramientos cercanos al Arroyo Yuni como la localidad-tipo.

### Distribución

Aflora en los Arroyos Yuni, Doña Chona, Yupedro y en el Río Numí.

### Litología

Las rocas intrusivas Yuni presentan una textura porfídica (Carrasco, 1981); mineralógicamente presentan un mayor porcentaje de feldespatos principalmente plagioclasas, con alteración a carbonatos y caolín; además de ferromagnesianos como olivino y posiblemente hiperstena. Entre los cristales existen microcristales de plagioclasa y hematita.

### Edad

No se tiene una edad precisa, aunque Carrasco (1981), infiere que es de edad postbatoniense ya que la formación más joven que intrusión es a la Formación Otatera por lo que se le asignó una edad del Paleógeno medio-superior.

### Correlación

Los cuerpos intrusivos que se correlacionan con este cuerpo son el Lacolito de Chila (Caballero-Miranda, 1990) y el Intrusivo Capilla (Galina, 1996); el primero aflora en las cercanías de Chila, Puebla y el otro reportado en las proximidades de Huajuapán de León, Oaxaca. Tiene similitud en su contenido mineralógico ya que presentan plagioclasas sodicas y abundantes piroxenos.

### **2.1.5 Neógeno.**

Se tienen depósitos cuaternarios en contacto discordante con las rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas. Carrasco (1981) describe los sedimentos recientes de acuerdo a sus características litológicas en aluvión, caliche y suelos.

### Aluvión.

Son depósitos que se constituyen de gravas no consolidadas, mezcladas con arena fina, limo y arcillas en distintas proporciones; en estos sedimentos se puede identificar su fuente de procedencia en función de su composición. En las planicies que se forman en las cabeceras del Arroyo de la Mina y el Arroyo Yuni, el aluvión está constituido por clastos provenientes de las rocas volcánicas del Terciario Indiferenciado. En el lecho del Río Numí, el aluvión contiene sedimentos reabajados de las rocas volcánicas, clastos del Complejo Acatlán y del Conglomerado Cualac. En las planicies que se forman sobre la Caliza con Cidarís, los principales clastos son de fragmentos de caliza.

#### Caliche

Con este nombre se designa a depósitos de suelos ricos en carbonato de calcio, de forma tabular, que afloran en el área y que corresponde a la Caliza con Cidarís. Se origina por intemperización de calizas en climas áridos.

#### Suelo

En el estudio de Carrasco (1981) se determinaron las siguientes características del suelo: tienen una granulometría de limos y arcillas; localmente contiene arenas gruesas. Es un material no consolidado cuya composición esta ligada a la litología de las unidades rocosas que lo subyacen.

### **2.2 Geología estructural.**

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de Tlaxiaco, la que se ubica en el límite entre los terrenos Zapoteco y Mixteco (Dávalos, 2006), las cuales están limitadas por la falla Caltepec (Sedlock et al, 1993), también se conoce como falla Tamazulapam (Lopez Ticha ,1985), como una falla lateral derecha y con una orientación N-NW.

Como rasgos generales, las rocas del Paleozoico ha sido afectado por metamorfismo regional, el Sistema Jurásico-Cretácico presenta deformación en el campo dúctil (pliegues), mientras que el Sistema Cenozoico y todos los anteriores, son afectado por fracturas y fallas (Carrasco, 1981).

La principal estructura plegada que existe en esta zona es el Anticlinal de Tlaxiaco, formada por rocas deformadas del Jurásico. Dicha estructura presenta una orientación N-S con echado hacia el este y oeste. Carrasco (1981) lo describe como un anticlinal descapotado con un

núcleo formado por el Complejo Acatlán, cuyos flancos los constituyen las rocas del Jurásico. En las rocas del Cenozoico se tienen sistemas de fracturas.

En cuanto fallas y fracturas (Carrasco, 1981), las rocas del Paleozoico presentan un sistema de fracturamiento regional con dirección N-S. Las unidades jurásicas presentan dos sistemas de fallas y fracturas con orientaciones NNW-SSE y NNW-SSW cada uno. Carrasco (1981) menciona dos fallas principales en el área de Tlaxiaco, la falla Doña Chona 1 y Doña Chona 2, las cuales son de tipo normal.

En los afloramientos estudiados se encontraron dos rasgos estructurales principales que son pliegues y fallas. Aunque las unidades litológicas se presentan con un echado general al este, se observan algunos pliegues menores, los cuales se encuentran en la secuencia de areniscas con lutitas; son pliegues anticlinales y sinclinales suaves (Figura 2.11).

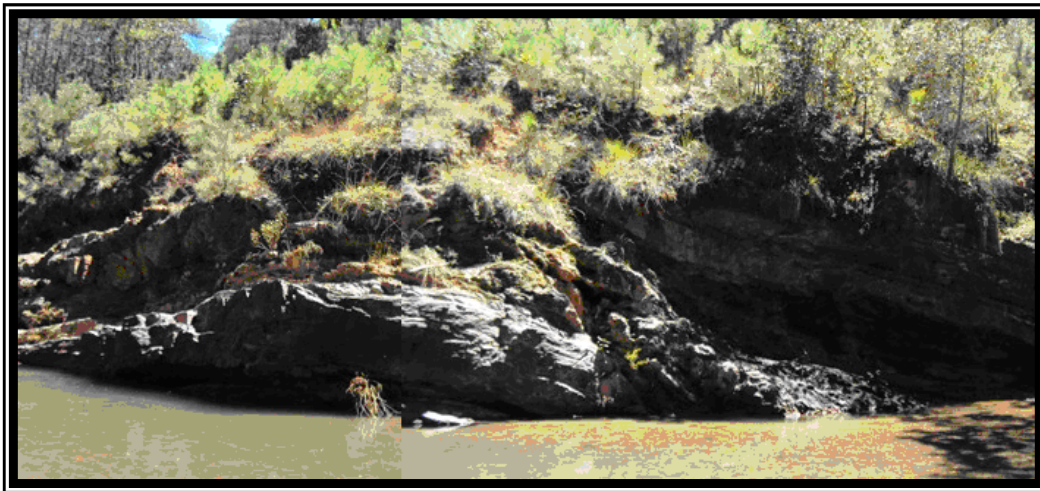


Fig. 2.11 Pliegue anticlinal suave en la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, que se encuentra en el margen de la parte sur del Río Numí.

Las fallas son locales, corresponden con fallas laterales derechas; además de fallas normales con componente lateral derecha. Los datos estructurales de los planos de falla de dos de ellas son  $S30^{\circ}E / 37^{\circ}SW$ , y  $N44^{\circ}E / E-W$ . La falla normal con componente lateral derecha analizada tiene una orientación de  $N14^{\circ}W / 46^{\circ}NE$ .

Se analizó una falla normal con componente lateral derecha (Fig. 2.12) localizada en las coordenadas  $14Q\ 626049\ mE$ ,  $1916791\ mN$ . Para el análisis de esta falla y las fallas menores asociadas se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 2.1.

Dato estructural	Tipo de falla	Pitch
N 14° W; 46° NE	Normal	45° (sentido horario)
N 10° W; 51° NE	Normal	55° (sentido horario)
N 25° W; 40° NE	Normal	62° (sentido horario)
N 40° W; 39° NE	Normal	65° (sentido horario)
N 30° W; 44° NE	Normal	70° (sentido horario)

Tabla 2.1 Datos obtenidos para el análisis cinemático.



Fig. 2.12 Falla normal localizada en el camino hacia el poblado Independencia al oeste de la zona de estudio.

Se analizó una falla normal con componente lateral derecha usando la red estereográfica (fig. 2.13), se trazaron la dirección de los planos y posteriormente con la información del pitch se dibujo la dirección de las estrías de la falla. Al observar las zonas con mayor concentración se tiene como resultado que los datos son consistentes, por lo que se tuvo un sólo evento de deformación que originó una extensión estructural en el área de estudio.

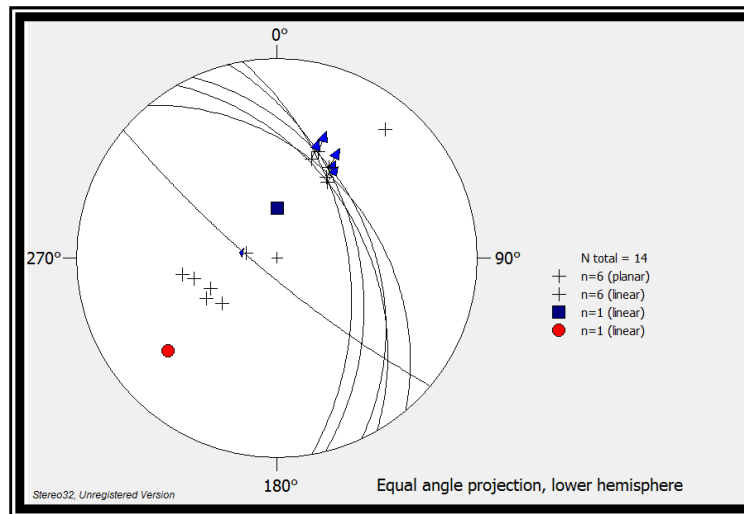


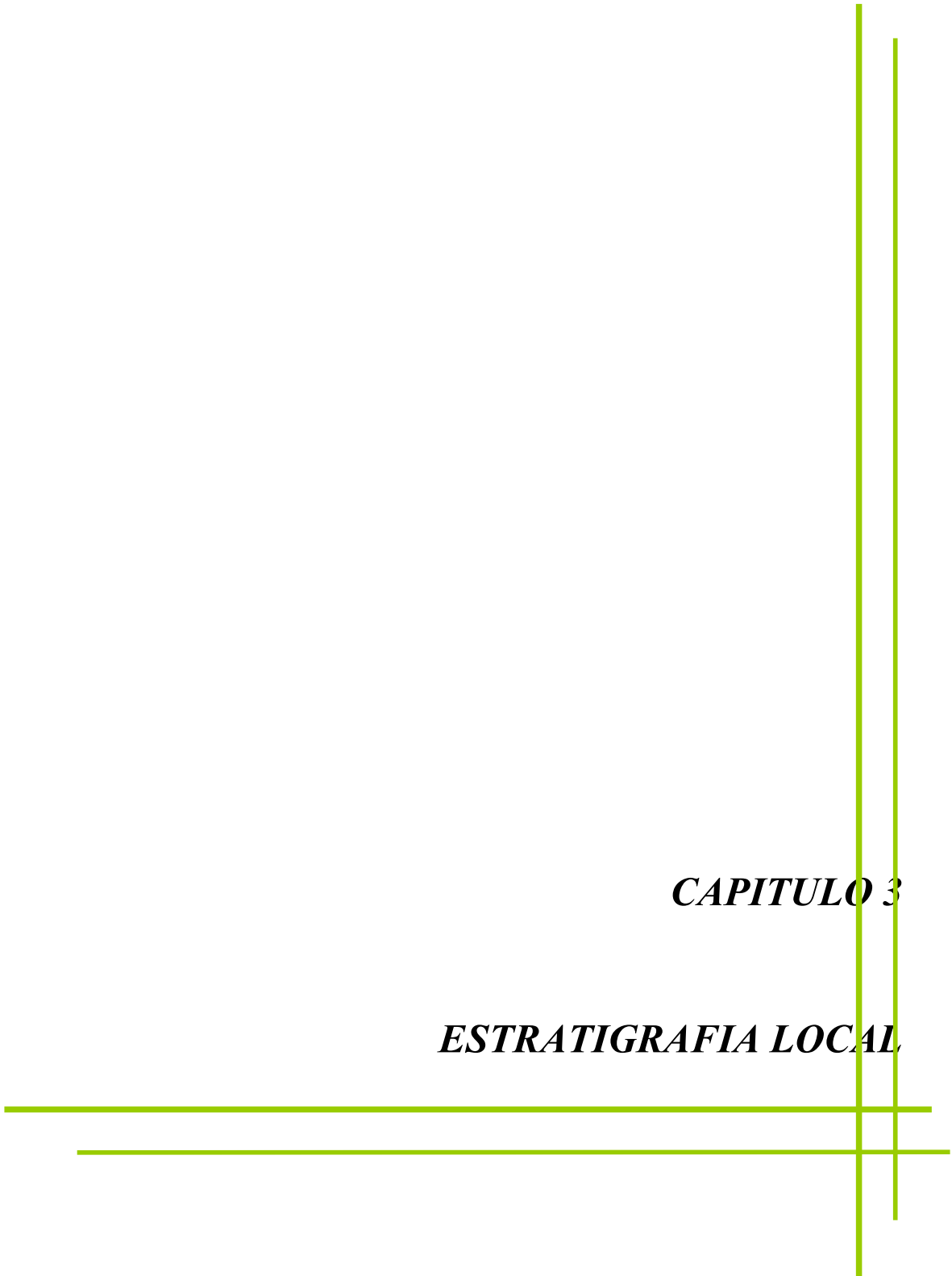
Fig. 2.13 Diagrama estereográfico de planos y estrías de falla, de la carretera hacia el poblado de Independencia, Oaxaca.

Las secciones geológicas mostradas en el mapa geológico (Fig. 2.1), se infieren una serie de fallas normales que afectan el basamento, lo que originó subsidencia continua en un proceso sin-rift; en la depresión formada (graben) se acumuló la secuencia estratigráfica del Jurásico medio y superior. Sobre las rocas metamórficas, se encuentran de forma discordante las secuencias jurásicas continentales, las cuales junto con la secuencia de carbonatos del Cretácico se encuentra deformadas en el campo dúctil, mediante plegamiento; de hecho los afloramientos del Jurásico estudiado se encuentran en el flanco de un pliegue anticlinal. Otras estructuras más jóvenes corresponden con fallas normales con componente lateral derecha, estas son locales y presentan poco desplazamiento. Cubriendo estas unidades jurásicas y cretácicas en forma discordante tenemos la secuencia clástica y volcánica del Paleógeno y Neógeno.



***CAPITULO 3***

***ESTRATIGRAFIA LOCAL***



La estratigrafía local que se trata en este capítulo, se refiere al estudio estratigráfico detallado de la secuencia jurásica continental, basada en el estudio de una columna estratigráfica medida en los márgenes del Río Numí, así como a lo largo del camino de terracería hacia San Juan Mixtepec, ubicado al norte del municipio de Tlaxiaco, Oaxaca. Las unidades estratigráficas medidas y descritas fueron 3, las cuales son: el Conglomerado Numí, la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y la Formación Simón; de esta última solo fue medida su parte basal. La columna fue medida usando el báculo de Jacob, brújula tipo Brunton, además de cinta métrica. Tomándose como inicio de la medición el contacto con el Conglomerado Numí; aunque en algunos sitios su contacto es con rocas del Complejo Acatlán. A continuación se describe las unidades litológicas observadas en la medición, así como su contenido fósilífero.

### **3.1 Columna estratigráfica**

#### **3.1.1 Columna estratigráfica general**

La columna estratigráfica de las unidades continentales del Jurásico medio, se midió en dos partes, la primera a partir del contacto discordante, entre el Complejo Acatlán con el Conglomerado Numí, este punto se ubica en las coordenadas UTM 635, 410 mE, 1,914, 900 mN, localizados en el margen del río Numí. La segunda parte se midió a partir del punto UTM 636, 782 mE, 1,913, 654 mN, a lo largo del camino de terracería. En las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 se muestran las descripciones de la litología, estructuras sedimentarias y contenido fósilífero, además del espesor medido de cada unidad.

La tabla 3.1 y figura 3.1, presentan la descripción y medición del Conglomerado Numí, el cual estaba reportado en esta zona como “Conglomerado Cualac” por Carrasco (1981), el cual, de acuerdo a este autor, se encuentra conformado por clastos de cuarzo subredondeados-subangulosos casi en su totalidad con un porcentaje escaso de matriz; mientras que la unidad conglomerática descrita en el área de estudio presenta clastos angulosos-subangulosos de material del basamento metamórfico como son esquistos y gneisses, en su parte inferior están clastosoportados y hacia la parte superior los clastos se encuentran aislados en una matriz arcillo-arenosa. En la parte inferior forman cuerpos masivos e irregulares con clastos en distribución caótica, y en su parte superior se presentan en estratos irregulares. Se midió un

espesor total de la base a la cima de esta unidad de 95 m. Fue medido en la parte central del área de estudio, a partir del contacto con el Complejo Acatlán.

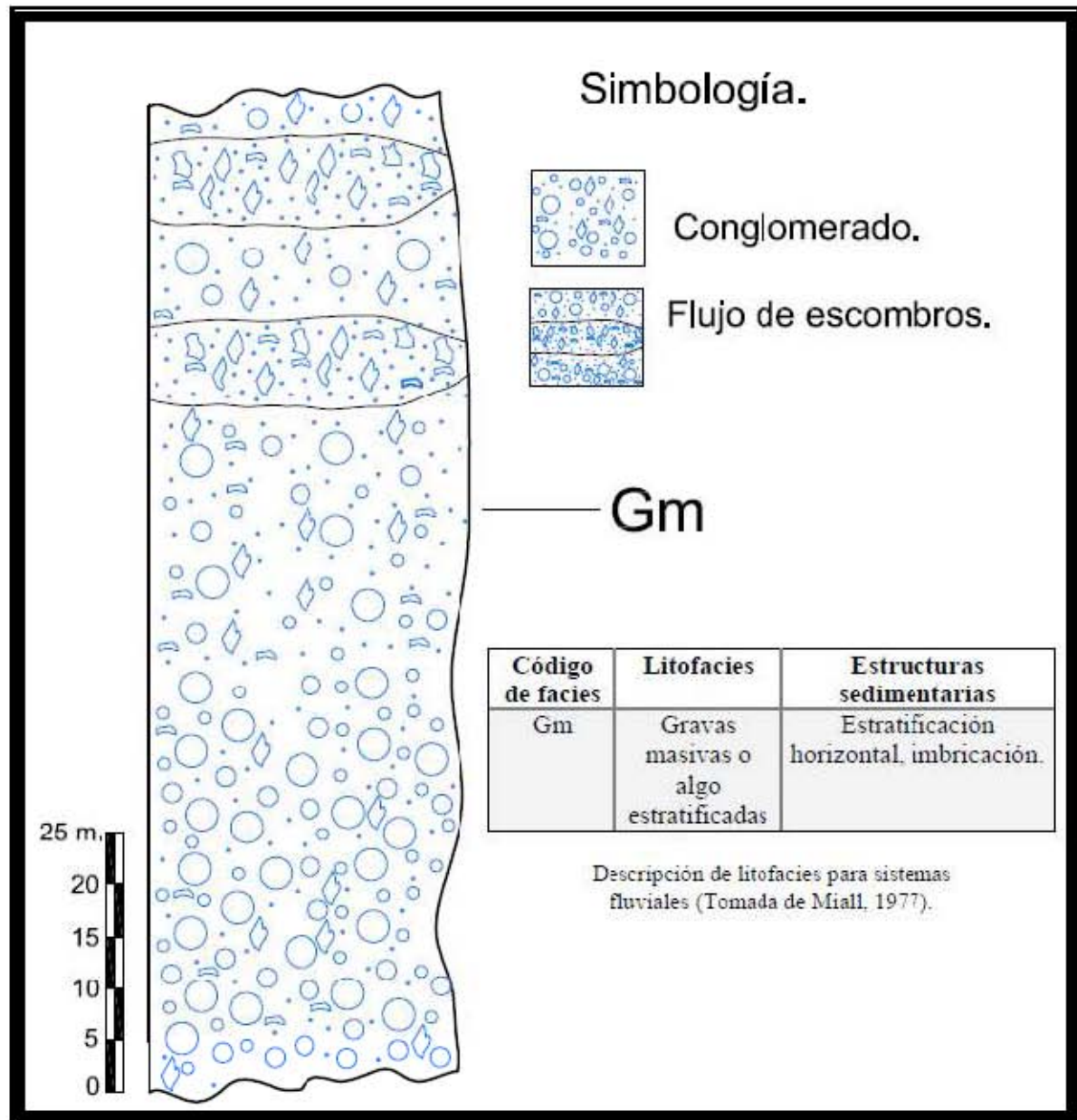


Figura 3.1. Columna estratigráfica de la formación Conglomerado Numí, medida en los márgenes del río Numí, a partir del contacto con el Complejo Acatlán y hasta el contacto con la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.

Unidad	Descripción	Espesor (m)
A	Conglomerado polimictico con clastos de gneiss, esquistos de micas y clorita; además clastos de cuarzo metamórfico, con un contenido escaso de matriz, donde los clastos en general están clastosoportados. Los clastos están angulosos. Tienen tamaño que va de arenas gruesas hasta un diámetro de 30 cm. El conglomerado se encuentra de forma masiva e irregular.	11 m
B	Conglomerado polimíctico, compuesto por clastos de gneiss, cuarzo y esquisto, con un contenido de matriz de arenas gruesas de hasta un 10%. Presenta algunos horizontes de areniscas gruesas Los clastos son subangulosos a angulosos, su tamaño es de arenas gruesas hasta 30 cm. El conglomerado se encuentra en estratos de hasta 5 m de espesor, los horizontes de areniscas son hasta de 10 cm.	16 m
C	Conglomerado polimíctico con un mayor porcentaje de fragmentos de gneiss, además de clastos de cuarzo y esquisto. Los clastos van desde angulosos a subredondeados, tienen diámetros de arenas medias a clastos de 10 cm. Se encuentran en su mayoría granosoportados y se presentan hasta un 5% d arenas gruesas como matriz. Se encuentra en forma masiva e irregular.	21 m
	Conglomerado polimíctico y areniscas conglomeráticas, con clastos en mayor proporción de gneiss, además de cuarzo y esquistos; también presenta clastos de areniscas. Los clastos son subangulosos y subredondeados, con un diámetro de arenas gruesas hasta clastos de 40 cm. La matriz es	

D	de arenas medias, con un porcentaje de hasta 10 %. El conglomerado se presenta en forma masiva; presenta un reducido contenido de óxidos de Fe que funciona como cementante. Se observaron flujos de lodo con clastos de gran tamaño, producidos por flujos de escombros.	22 m
E	Conglomerado polimíctico intercalado con arenas gruesas. Tanto el conglomerado como las arenas gruesas presentan clastos en su mayoría de gneiss con un porcentaje del 60% y en menor cantidad clastos de esquisto 20% y cuarzo metamórfico. Los clastos del conglomerado se encuentran subangulosos a subredondeados, su diámetro van de arenas medias hasta los 30 cm.  Los clastos se encuentran en una matriz arcillosa que representa el 10%. Estos están mal clasificados. El conglomerado se encuentra orientado, los estratos alcanzan los 3 m. Los estratos de areniscas gruesas llegan hasta los 15 cm.	25 m
Espesor total		95 m

Tabla 3.1 Descripción del Conglomerado Numí, medido en el margen del Río Numí.

La tabla 3.2 y figura 3.2 presentan la descripción y medición realizada de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas; esta formación se encuentra constituida por areniscas intercaladas con lutitas. Las areniscas presentan una variación en el contenido de matriz, y un porcentaje entre líticos y cuarzo muy parecido, por lo que se tienen litarenitas y grauvascas. Los líticos están constituidos por gneisses y esquistos. El tamaño de los clastos varia entre arenas finas a gruesas, en su mayoría son subangulosos. Conforman estratos tabulares e irregulares con espesores que varían entre los 30 cm a los 3 m. La lutitas se encuentra en estratos delgados que van entre los 10 y 30 cm, aunque en algunos casos alcanzan espesores de hasta 3m. Contienen carbón, el cual aumenta hacia la parte superior; próxima a las capas de carbón se incrementa el contenido fósil. La unidad tiene un espesor total de 325 m. Se midió en la parte central del área de estudio.

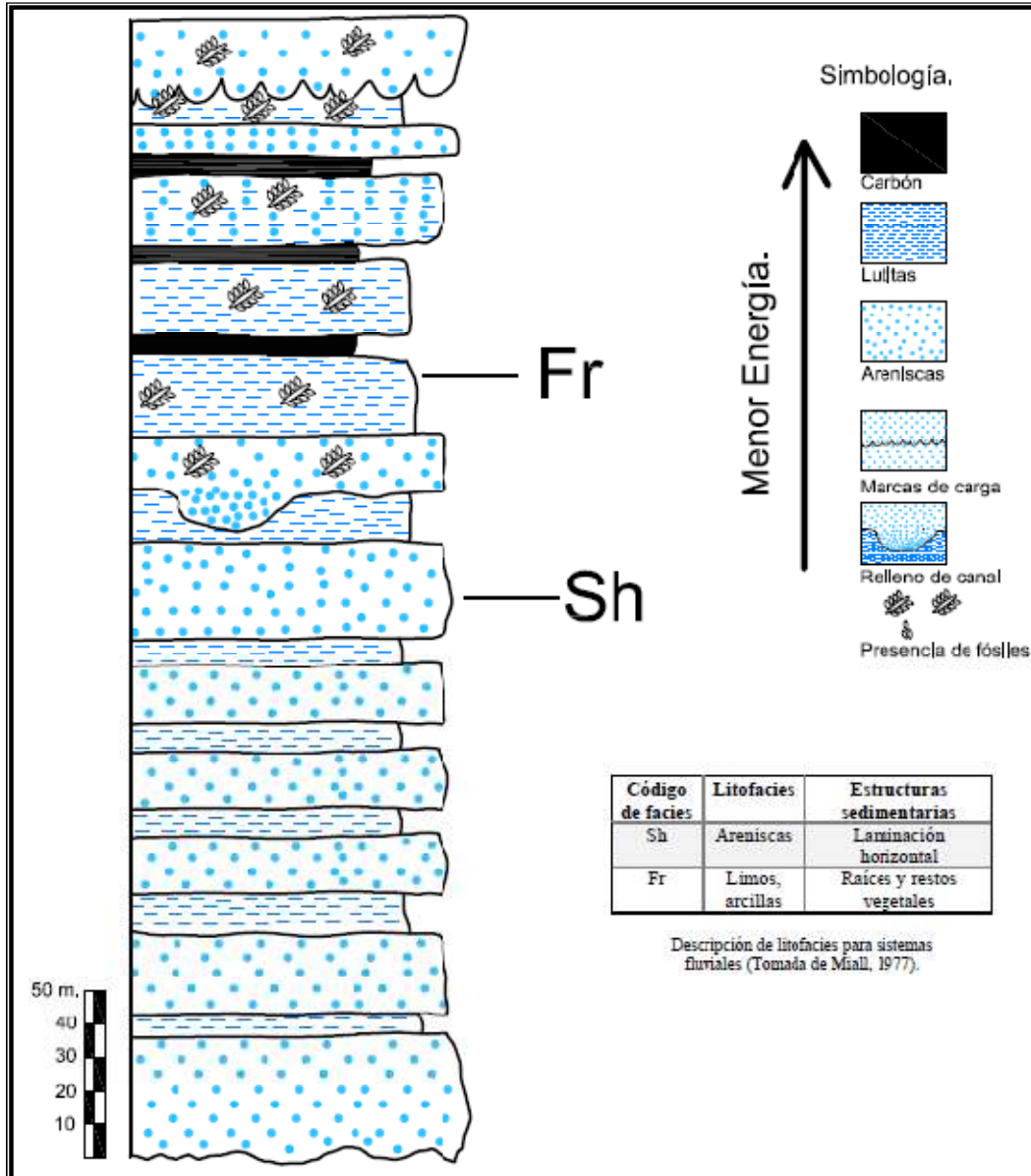


Figura 3.2. Columna estratigráfica de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, medida en las márgenes del Río Numí, a partir del contacto con el Conglomerado Numí.

Unidad	Descripción	Espesor (m)
	Areniscas de grano medio a grueso, los clastos son líticos provenientes de la erosión del Complejo	

A	Acatlán, ya que se compone de fragmentos de gneiss esquistos de muscovitas, y cuarzo metamórfico. Están intercaladas con lutitas. Los clastos son subangulosos a angulosos; se presenta en estratos continuos e irregulares. Las areniscas presentan estratos con espesores de entre .4 y 1 m, las lutitas tienen estratos que van de 10 a 30 cm.	60 m
B	Areniscas de grano fino a grueso, con mayoría de clastos de gneisses y esquistos, además de cuarzo metamórfico, estos son subangulosos. Presenta algunas intercalaciones de lutitas. Se tienen en estratos continuos, aunque algunos son irregulares. Las areniscas tienen espesores entre los 30 y 80 cm, mientras que las lutitas van de los 8 a los 20 cm.	60 m
C	Areniscas de grano fino a medio, con clastos subangulosos a subredondeados de líticos aproximadamente 40% y cuarzo metamórfico un 28%, además de un porcentaje mínimo de feldespatos. Los clastos se encuentran en una matriz arcillosa con un porcentaje del 15%. Se clasificaron como grauvacas. Intercaladas con lutitas, en algunas partes con cuerpos lenticulares de carbón. Los estratos de lutita son continuos y los de la arenisca irregulares. El espesor de los estratos de las areniscas es variable, va de los 20 cm a los 70 cm, las lutitas van de los 10 cm a los 40 cm. Presenta huellas fósiles (icnofósiles) en la fracción arenosa, posiblemente de dinosaurios.	65 m
D	Areniscas de grano medio a grueso, con clastos de cuarzo metamórfico un 50% y gneisses con un porcentaje del 37 %, además de feldespatos, en su mayoría los clastos se encuentran clastosoportados, clasificándose como litarenitas; presenta intercalaciones con lutitas. Los clastos van de subangulosos a subredondeados. La estratificación es continua e irregular en ambas unidades. Los estratos de areniscas van de los 17 cm a los 80 cm de espesor, mientras que los espesores de las lutitas son de hasta 10 cm a 40 cm. Se observan rellenos de canal. Los lentes de carbón con espesores de 30 cm intercalados	45 m

	con lutitas se encuentran en mayor cantidad que las unidades anteriores. Contiene ejemplares de plantas fósiles como bennettitales, helechos y equisetos.	
E	Se compone de areniscas de grano medio con un mayor contenido de clastos de cuarzo metamórfico un 43% y en menor cantidad gneisses con un 40 %, estos clastos son subangulosos y están clastosoportados, se clasificaron como litarenita; y algunos estratos intercalados de lutitas. El color al fresco es gris oscuro mientras que al intemperismo es pardo rojizo. Los estratos de litologías mas finas son tabulares y los de mayor granulometría irregulares, los espesores de los estratos en las areniscas varían de 30 cm a 1 m, mientras que en las lutitas van de los 20 cm a los 50 cm. Se presentan rellenos de canal los cuales presentan areniscas de grano grueso. Los cuerpos de carbón son de forma lenticular, aunque se presentan en menor cantidad que la unidad anterior. Presenta algunos fósiles de plantas, que corresponden bennettitales y helechos.	40 m
F	Areniscas de grano medio a fino, con contenido de cuarzo metamórfico del 45 % y líticos un 35%, los clastos son subangulosos a subredondeados, en una matriz arcillosa, se clasifican como grauvacas; están intercaladas con lutitas; los clastos van de angulosos a subredondeados. La estratificación es tabular aunque también los hay irregulares, hacia la cima es mas paralela. Las areniscas presentan espesores que varían de 20 cm a 1.2 m, las lutitas van de 40 cm a 60 cm. Se presentan cuerpos más continuos de carbón en mayor cantidad que la unidad anterior, un cuerpo de carbón presenta un espesor de hasta 1.5 m. Presencia de marcas de carga y óxidos de Fe. Gran cantidad de plantas fósiles como bennettitales, equisetos, helechos, confieras y semillas, además de posibles angiospermas.	45 m
Espesor total		325 m



Tabla 3.2 Descripción de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, medida en los márgenes del Río Numí y el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec, Oaxaca.

La siguiente tabla 3.3 y figura 3.3, corresponden con la medición y descripción de la parte inferior y media de la Formación Simón, la cual está constituida por areniscas con una menor presencia de lutitas. Las areniscas fueron clasificadas como litarenitas y grauvacas, debido a la variación de la matriz arcillosa presente; los clastos en mayor porcentaje son de cuarzo metamórfico y en menor cantidad líticos, en su mayoría son subangulosos. Las areniscas forman estratos tabulares que varían entre los 10 cm hasta los 5 m, aumentando su espesor hacia la parte superior; estos son de geometría irregular, ya que corresponden con rellenos de canal. Algunos estratos presentan estratificación cruzada. Las lutitas tienen espesores que varían entre los 5 y 20 cm; aunque en la parte superior tiene un espesor de hasta 3 m. El espesor total de la unidad medida de su base a su cima es de 240 m. Medida en la parte central del área estudio.

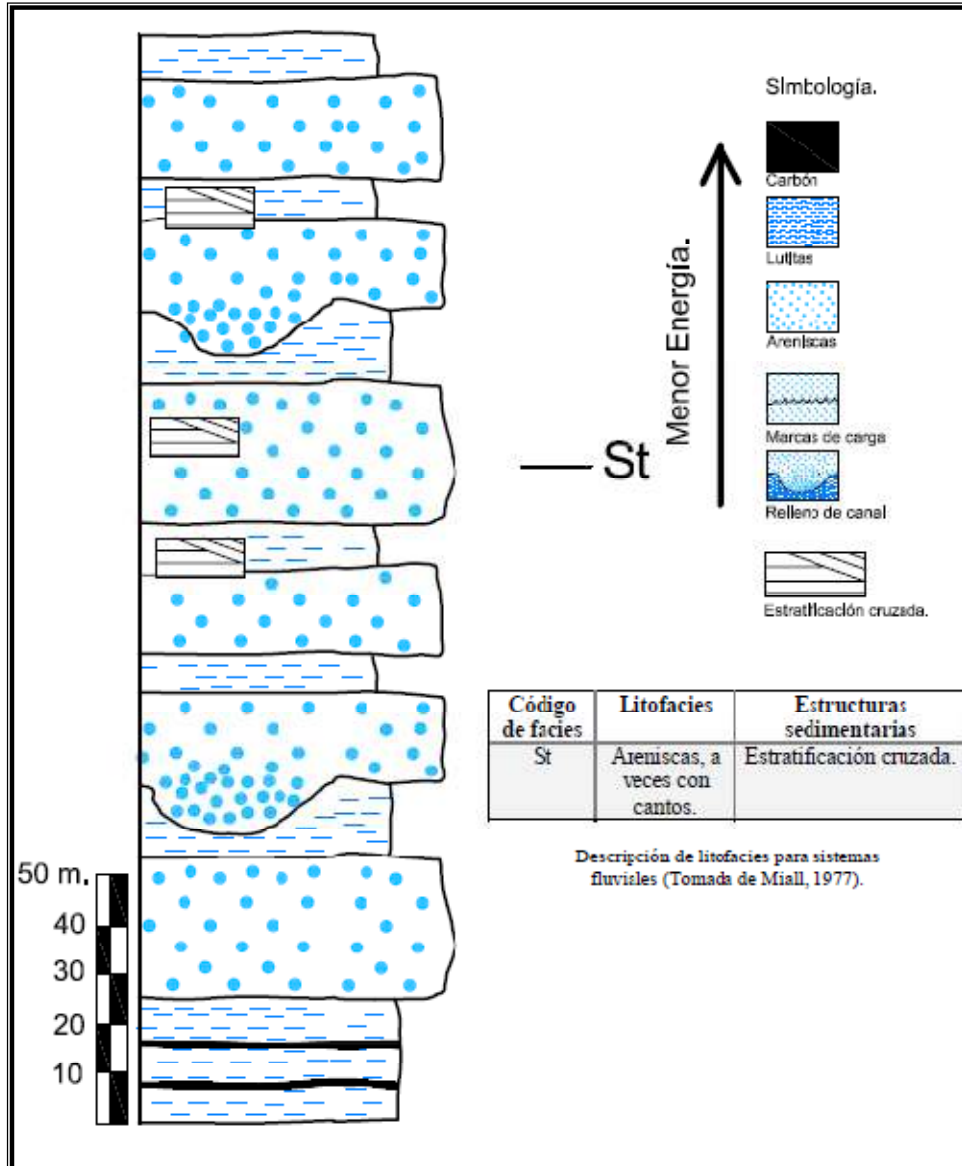


Figura 3.3. Columna estratigráfica de la formación Simón, medida en el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec.

Unidad	Descripción	Espesor (m)
	Areniscas de grano medio, intercaladas con lutitas carbonosas. Los clastos son de cuarzo metamórfico un porcentaje del 35%, además de contener líticos como gneisses con un 30%, los cuales son subangulosos, contenidos en una matriz arcillosa del 20%, se clasificaron como grauvacas. Los estratos	

A	son paralelos y continuos tanto las areniscas como las lutitas. Los estratos de areniscas tienen los mayores espesores, los cuales llegan hasta los 80 cm, en los que se tienen nódulos de Fe.	21 m
B	Areniscas de grano fino a medio, compuestas de clastos de cuarzo metamórfico principalmente hasta un 40%, también contiene fragmentos de gneisses un 15%; los granos son subangulosos, se encuentra en una matriz arcillosa del 35%, se clasifico como una grauvaca. La estratificación es paralela y continua. Los estratos presentan un espesor de 1 a 1.5 m, en algunos de ellos se observan muestras de carga.	63 m
C	Intercalación de areniscas de grano fino con lutita carbonosa. Las areniscas contienen clastos de cuarzo metamórfico en mayor porcentaje, además de líticos. Los clastos son subangulosos a subredondeados. Presenta tanto la arenisca como la lutita estratificación paralela. Las areniscas tienen un espesor de entre los 7 y 12 cm. Hay marcas se carga y presencia de oxidación.	39.5 m
D	Intercalación de lutitas con areniscas de grano medio a grueso. Con clastos de cuarzo metamórfico con un porcentaje del 45% y en menor cantidad un 40% fragmentos de gneisses. Los clastos son subangulosos, en su mayoría clastosportados; se clasifica a las areniscas como litarenitas. Se presenta estratificación paralela y cruzada en las areniscas, con espesores de hasta un metro; mientras que las lutitas también la estratificación es paralela, además de presentar en la parte superior formas lenticulares. Presencia de un paleocanal donde la granulometría es mayor.	33.5 m
	Areniscas de grano grueso a medio con algunos estratos de grano fino, las cuales se presentan intercaladas con lutitas. Los clastos de las areniscas de grano medio a grueso son de cuarzo metamórfico en mayor porcentaje con un 50% y en menor cantidad líticos de rocas metamórficas un 20%, estos son subangulosos y subredondeados, con una matriz del	

E	20%, se clasificaron como grauvacas. También fue identificada una cuarzoarenita, con un alto porcentaje de cuarzo metamórfico y muy poca matriz. Las areniscas presentan estratificación paralela y cruzada, las lutitas se observan en estratos tabulares. Los espesores de los estratos de areniscas van de 1.5 a 5m, mientras que los de lutita van de 0.5 m a 2 m. Presencia de marcas de carga, nódulos y costras de Fe. Hacia la parte superior se presentan lentes de areniscas conglomeráticas con clastos subredondeados de cuarzo.	40.5 m
Espesor total		240 m

Tabla 3.3 Descripción de la Formación Simón, medida en el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec, Oaxaca.

En la figura 3.4 se muestra la columna general medida, la cual comprendió las unidades estratigráficas anteriormente descritas.

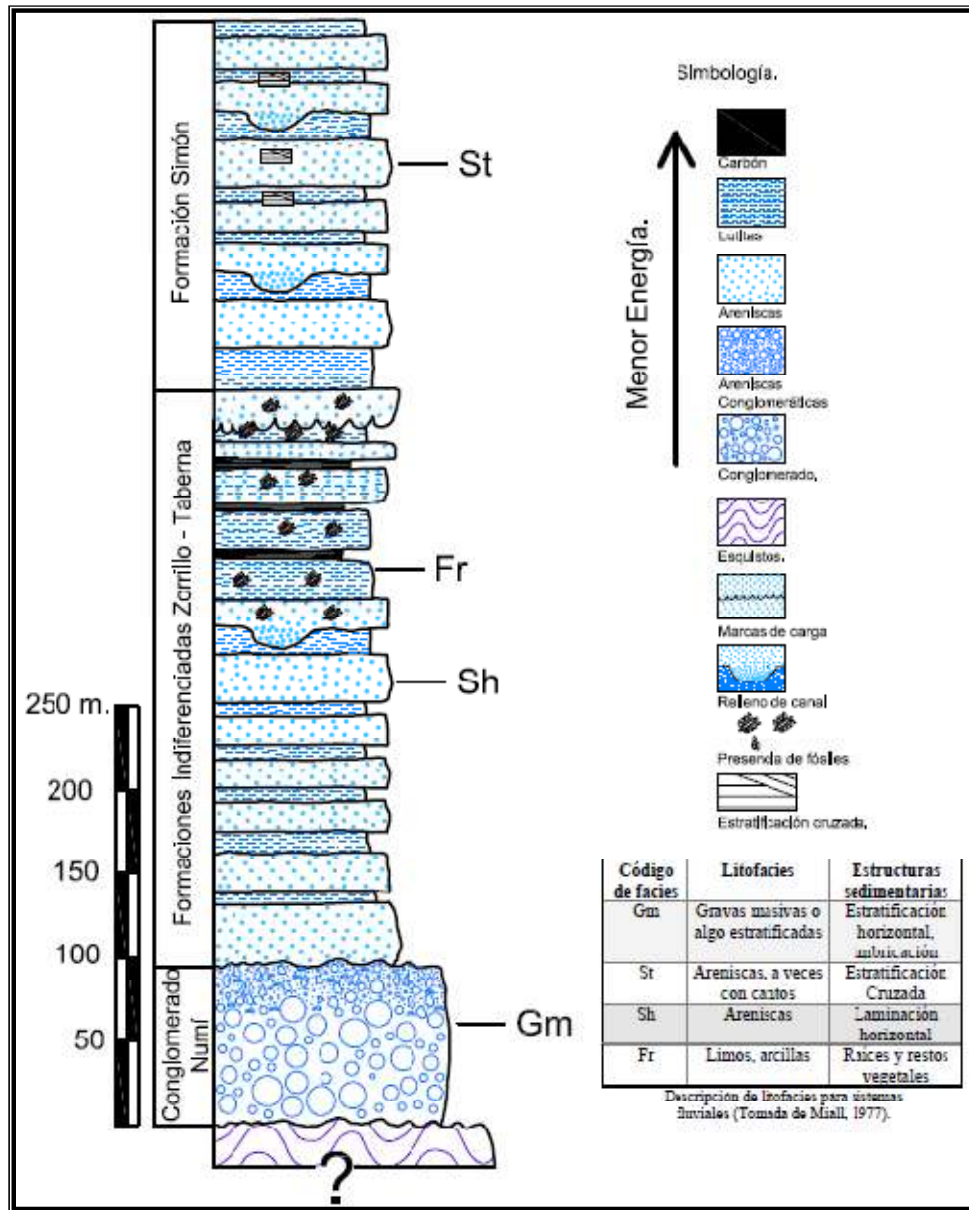


Figura 3.4. Columna estratigráfica de la sección completa de las Formaciones Conglomerado Numí, Indiferenciadas Zorrillo-Taberna y Simón, medidas en las márgenes del río Numí, a partir del contacto entre el Complejo Acatlán y el Conglomerado Numí.

### 3.1.2 Columna estratigráfica local

Se midió adicionalmente una columna parcial de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas en la que se encontró la mayor cantidad de flora fósil. La columna se midió a partir del punto UTM 636, 279 mE, 1,915, 658 mN. Corresponde a la parte superior de la

formación antes citada. En la tabla 3.4 y la figura 3.5 se muestran las principales características de la columna medida de la base a la cima en la parte central-norte del área de estudios.

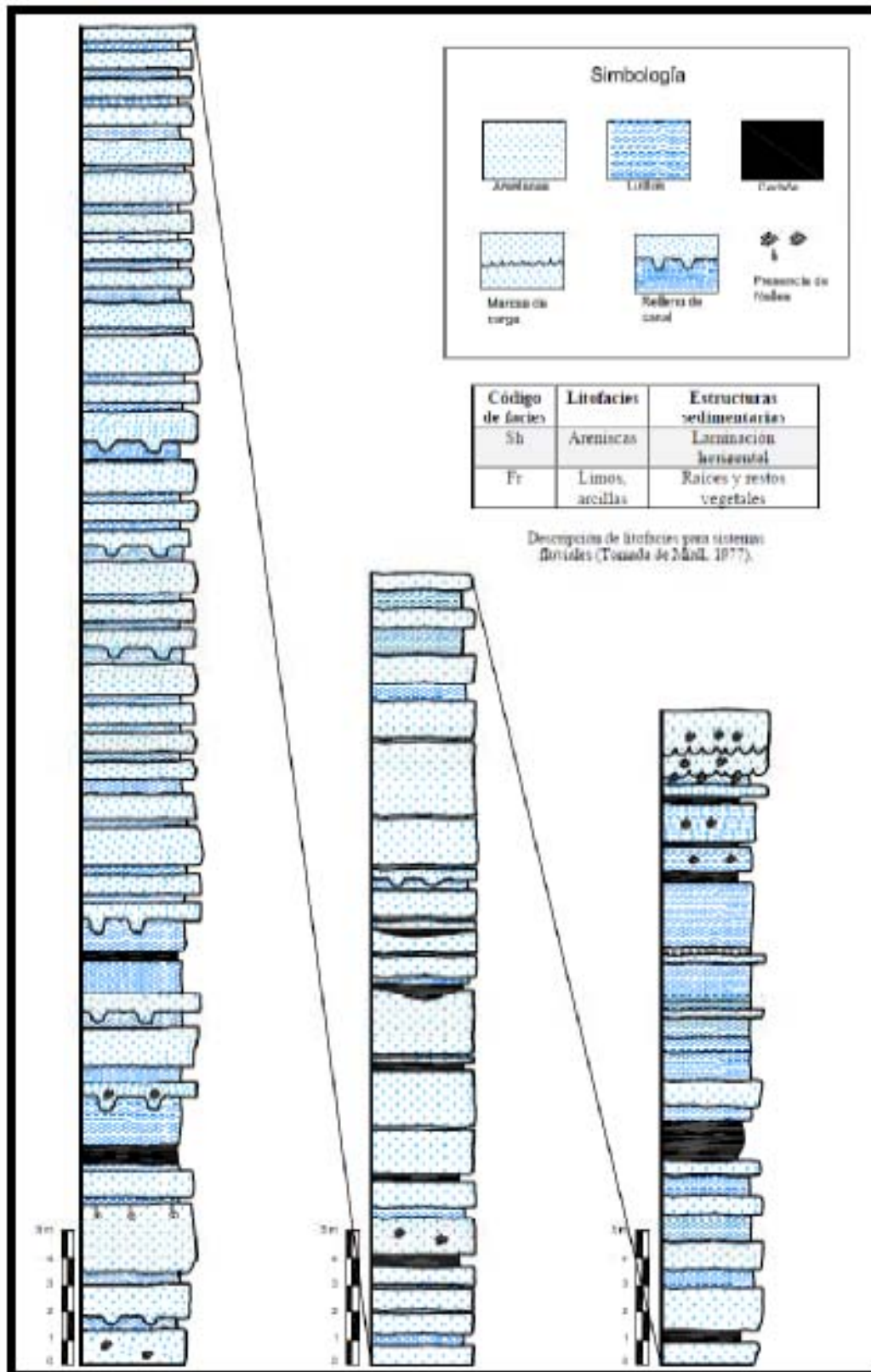


Figura 3.2. Columna estratigráfica parcial medida en las márgenes del río Numí, en la intersección del río Numí y el camino hacia San Juan Mixtepec.

Unidad	Descripción	Espesor (m)
A	<p>Se compone de areniscas de grano medio a grueso, con mayor contenido de cuarzo metamórfico un porcentaje del 44% y en menor cantidad líticos de gneisses y esquistos un 40%; los clastos son subangulosos a subredondeados, están moderadamente seleccionados. Contienen muy poca matriz arcillosa, se clasificaron como litarenitas. Presentan intercalaciones de lutitas y algunos cuerpos lenticulares de carbón. Ambas litologías presentan un color pardo al intemperismo mientras que al fresco presentan un color gris oscuro. La estratificación es tabular y continua en las litologías más finas mientras que las más gruesas presentan estratificación irregular. Los estratos de areniscas presentan un espesor entre los 40 y 1.72 cm de espesor, mientras que las lutitas tienen un espesor de 10 hasta 50 cm. Los cuerpos de carbón tienen 40 cm de espesor en promedio. Las areniscas presentan estructuras de relleno de canal. Se tienen fósiles de bennettitales, equisetos y helechos.</p>	10.5 m
B	<p>Se presentan areniscas de grano fino a grueso con un contenido en su mayoría de cuarzo metamórfico hasta un 45%; además de líticos con un 30%, los clastos de las areniscas son subangulosos a subredondeados, contenidos en una matriz arcillosa alrededor del 15%, se clasifican como grauvacas. Intercaladas con lutitas. La estratificación es tabular en cuanto a la litología más fina e irregular en la litología más gruesa; se tienen algunos cuerpos de areniscas acuñados. Los estratos de areniscas van de los 17 a los 22 cm, aunque algunos llegan a 1 m de espesor, mientras que los espesores de las lutitas son de 10 cm hasta casi un metro. Hay presencia de un cuerpo irregular de carbón con un espesor de 15 cm. Presenta rellenos de canal.</p>	9 m



--	--	--

C	Areniscas de grano medias con contenido de cuarzo de origen metamórfico con un porcentaje del 50%, y líticos con un 35%. Los clastos son subangulosos a subredondeados, y se encuentran clastoportados en la mayoría, se clasificaron como litarenitas. Presenta intercalaciones de lutitas. Los estratos de areniscas van de los 30 a los 80 cm, son irregulares y los de lutita de 40 cm son tabulares. Presenta rellenos de canal.	26.5 m
D	Se compone de areniscas de grano medio a grueso con un porcentaje muy parecido de cuarzo y líticos, con poca presencia de delgados estratos de lutitas intercaladas. Los clastos en las areniscas son subangulosos, en general clastosoportados aunque la matriz arcillosa, clasificándose como litarenitas, además se tienen cuarzoarenitas ya que un intervalo de esta unidad se tienen un porcentaje alto del 68% de cuarzo. El color al fresco es gris oscuro mientras que al intemperismo es pardo rojizo. Los estratos son tabulares en la litología fina e irregulares en la litología gruesa. Los espesores de areniscas varían de 30 cm a 1 m, mientras que las lutitas van de los 20 cm a los 50 cm. Se observan rellenos de canal, aunque en menor cantidad que la unidad anterior. Presenta cuerpos lenticulares de carbón, todos ellos menores a un metro.	28.5 m
	Areniscas de grano medio a muy fino, con contenido de cuarzo metamórfico de un 40% y líticos un 30%, estos son fragmentos de gneisses y un porcentaje alrededor del 10% de micas, con una matriz arcillosa del 15%, clasificándose como una grauvaca. Aunque también se tienen litarenitas hacia la parte superior, ya que a lo largo de la columna varía la cantidad de matriz arcillosa. Presenta una cantidad mayor de estratos de lutitas en comparación a las unidades	

E	anteriores. La estratificación es tabular en en ambas unidades, con estratos cuyos espesores varían de 40 a 60 cm, las lutitas van de los 20 cm a los 1.2m. Los cuerpos de carbón son mas abundantes en esta zonas, alcanzan un espesor de hasta 1.5 m. Hay marcas de carga y abundante flora fósil como son bennettitales, helechos, equisetos, semillas, ginkgoales y posibles angiospermas.	27.5 m
Espesor total medido		102 m

Tabla 3.4 Descripción de la columna medida a detalle perteneciente a la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, medida en los márgenes del Río Numí.

### 3.2 Litología

Se describen las principales características litológicas de la columna estratigráfica medida. Se analizaron un total de 20 muestras, de las cuales una pertenece al Complejo Acatlan, otra corresponde con el Conglomerado Numí, 11 corresponden a la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, 5 a la Formación Simón, 1 a la Formación Otatera y finalmente otra más es correspondiente a las lavas almohadillas del Cenozoico. Las muestras fueron colectadas en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca, principalmente en los márgenes del Río Numí y en el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec y sus proximidades.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, como son porcentajes de los materiales constituyentes, tamaño y forma de los clastos, selección de ellos y su clasificación en base al diagrama de Dott (1964) modificada por Pettijhon (1974), además de una foto representativa de cada una de ellas.

#### 3.2.1 Descripción macroscópica y microscópica

Las unidades estratigráficas presentan las siguientes características:

>Complejo Acatlán:

- Descripción macroscópica: Se encontraron tres tipos de rocas metamórficas que corresponden con esquistos de clorita, gneiss y esquistos de muscovita. Los esquistos de clorita son color pardo oscuro al intemperismo y color verde oscuro al fresco (fig. 3.6), los gneisses son de color blanco, mientras que los esquistos de muscovita se encuentran con un alto grado de intemperismo.



Fig. 3.6 Contacto entre el Complejo Acatlán y el Conglomerado Numí, en el margen del Río Numí.

- Descripción microscópica: se realizó el análisis de una muestra obtenida de dicho Complejo, su contenido mineralógico de mayor a menor porcentaje es clorita, cuarzo, feldespato y biotita; además de algunos cristales de sericita. Presenta una textura foliar, clasificándose como un esquisto de clorita (fig. 3.7).

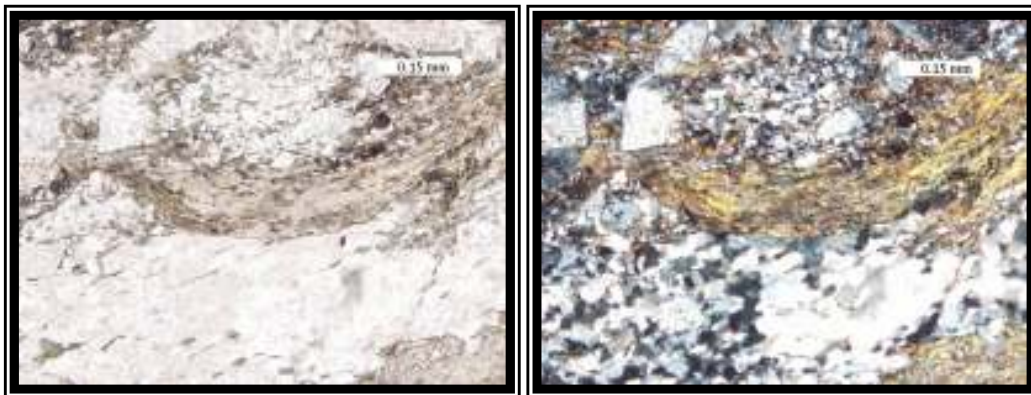


Fig. 3. 7 Muestra del Complejo Acatlán vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

>Conglomerado Numí:

- Descripción macroscópica: unidad conglomerática, la cual se encuentra formado por clastos de mayor a menos porcentaje gneiss, esquistos de clorita y mica, y cuarzo (fig. 3.8); estos clastos van de subangulosos a angulosos y su tamaño varia desde unos 1.5 cm hasta 45 cm. Presenta un color gris con clastos verdes oscuros; al intemperismo tienen un color rojizo; la fuente principal de los clastos que componen a la unidad provienen del Complejo Acatlán. En la base de la unidad conglomeratica los clastos están clastosoportados, mientras que hacia la cima se encuentran soportados por una matriz de arenas medias. Este conglomerado se encuentra reportado como Conglomerado Cualac, pero debido a las características presentes no corresponde con dicha formación, por lo tanto se le nombra como Conglomerado Numí.



Fig. 3.8 Conglomerado Numí. A la derecha la parte basal clastosoportada de esta unidad, a la izquierda la parte media y de la cima del conglomerado con matriz arenosa. Afloramientos localizados en los márgenes del Río Numí.

- Descripción microscópica: se obtuvo una muestra de la parte superior de esta Formación.
  - CN-1: Esta compuesto por clastos de líticos los cuales son gneiss con un porcentaje del 60 %, y esquistos alrededor de un 20 %, y cuarzo con 5%. Además contiene micas

principalmente muscovita y minerales opacos alrededor de un 6%. Contenidos en una matriz arcillosa de alrededor del 10%. Los clastos son subangulosos, la muestra se encuentra mal clasificada. Se clasificó como un conglomerado polimíctico (fig. 3.9).

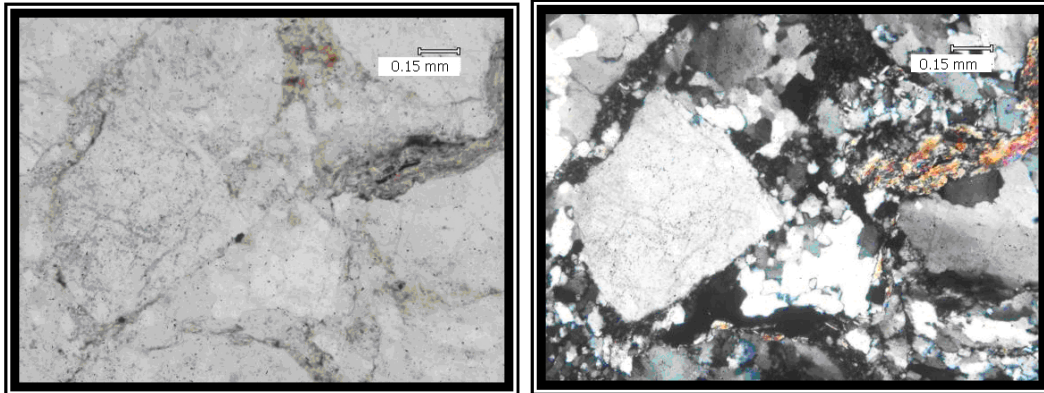


Fig. 3. 9 Muestra del Conglomerado Numí vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

>Formación Zorrillo- Taberna Indiferenciadas: presenta tres litologías (lutitas, litarenitas y grauvacas).

-Lutitas:

- Descripción macroscópica: tienen un color al intemperismo de pardo rojizo y al fresco son de color gris oscuro. Presenta una variación en su contenido de materia orgánica (fig. 3.10), ya que en algunos intervalos contiene carbón en forma de cuerpos lenticulares, los cuales aumentan tanto la cantidad de ellos como su espesor al final de dicha formación, alcanzando espesores de hasta 1.5 m; estos horizontes de carbón son discontinuos. La flora fósil es muy abundante y bien preservada tanto en las lutitas como en el carbón. Se encuentra en general en estratos delgados, aunque en algunos casos alcanzan un espesor de hasta 1.2 m. La flora fósil está compuesta principalmente de bennettitales, equisetos y helechos, además de semillas. localizadas en el margen del río Numí.



Fig. 3.10 Carbón contenido en estratos de lutita, localizado entre el camino de terracería y el Río Numí.

-Litarenitas:

- Descripción macroscópica: estas rocas (fig. 3.11) presentan color pardo rojizo al intemperismo, mientras que al fresco tienen un color gris oscuro; se encuentran formadas por clastos de líticos, y cuarzo en menor cantidad. Estos clastos son de tamaño de arenas medias y gruesas, en gran mayoría subangulosos, aunque también subredondeados, con muy poca matriz arcillosa, en general se encuentran clastosoportados. Forman estratos irregulares con espesores entre 0.2 y 1.2 m. Contienen óxido de Fe.



Fig. 3.11 Litarenitas ubicadas en el margen del Río Numí.

- Descripción microscópica: de las muestras obtenidas de esta formación, se clasificaron 6 como litarenitas, a continuación la descripción de cada una de ellas.
- ZT-L1 (Numí I): Presenta un contenido mineralógico de cuarzo del 50 %, líticos provenientes del Complejo Acatlán de alrededor de un 37 %, feldespatos solo un 5 %; además de minerales opacos y micas (muscovita) en un 3 %. Los clastos van de subangulosos en su mayoría a subredondeados, su tamaño varia de arenas gruesas a medias. En su mayoría los clastos se observan granosportados, tiene una matriz que representa el 5 % compuesta de granos muy finos de cuarzo. La muestra se encuentra moderadamente seleccionada. Se clasificó como Litarenita (fig.3.12).

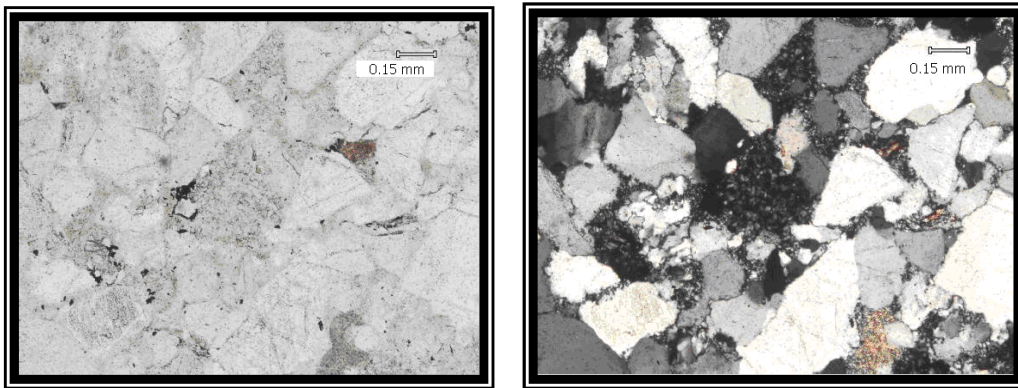


Fig. 3. 12 Muestra ZT-L1 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-L2 (Numí 1-A): Se presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 43%, líticos alrededor de un 40%, con un 2 % de feldespatos, los minerales accesorios son micas y minerales opacos con un 5 %. Los clastos son subangulosos, con un tamaño de arenas media; presenta matriz arcillosa con un porcentaje del 10 %. La muestra presenta clastos moderadamente seleccionados. La clasificación corresponde con una Litarenita (fig. 3.13).

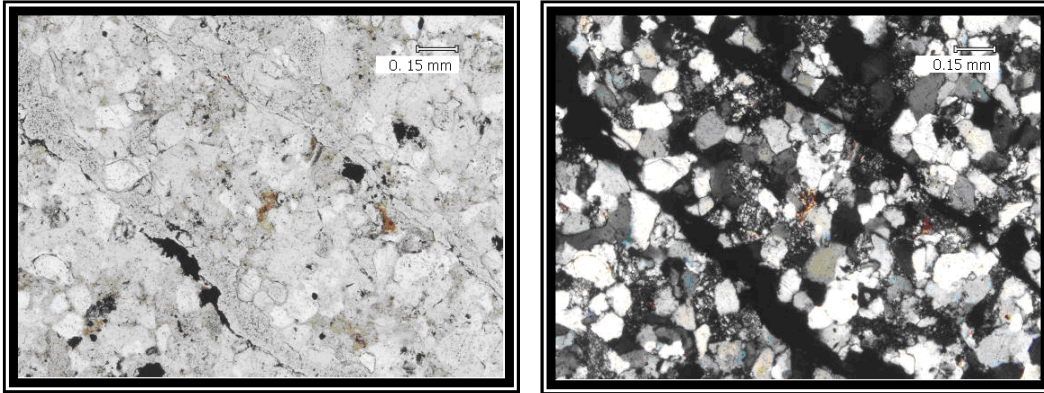


Fig. 3. 13 Muestra ZT-L2 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-L3 (Numí 2-A): Presenta un contenido mineralógico de cuarzo del 44 %, líticos con un porcentaje del 40 %, los feldspatos representan solo un 5 %, además de minerales opacos alrededor de un 3 %. Los clastos son subangulosos con tamaño que varia de arenas gruesas a medias; la matriz es de arcillas la cual representa un porcentaje del 8 %. Los sedimentos se encuentra moderadamente seleccionados y contiene oxido de Fe como cementante. Presenta buena porosidad la cual disminuye donde las arenas son mas finas. La clasificación corresponde con una Litarenita (fig. 3.14).

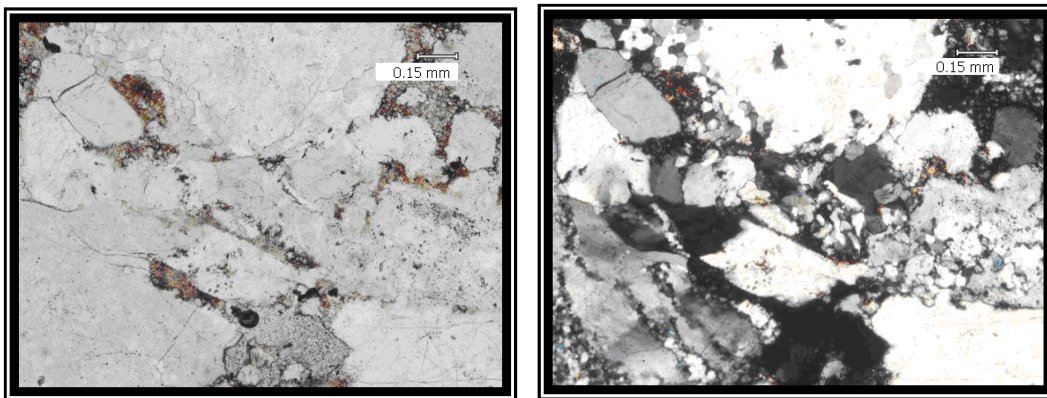


Fig. 3. 14 Muestra ZT-L3 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.



- ZT-L4 (Numí A-3): Tiene un contenido mineralógico de cuarzo del 50%, los líticos alrededor de un 35%, feldspatos con 5%, además de algunos minerales accesorios como minerales opacos. Los granos en su mayoría son subangulosos, con tamaño de arena media a gruesa. Contiene un porcentaje menor al 15% de matriz. Se encuentra la muestra bien seleccionada. La clasificación corresponde con Litarenita (fig. 3.15).

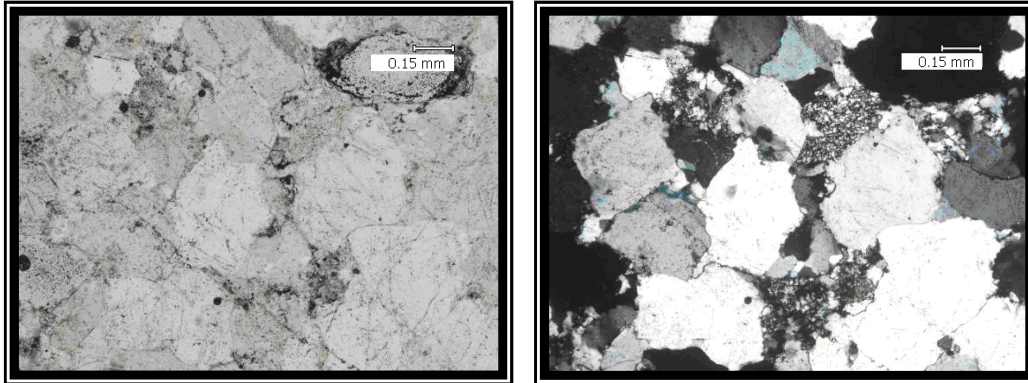


Fig. 3. 15 Muestra ZT-L4 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-L5 (Numí Cima): Se presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 30% y líticos alrededor de un 40%, los minerales accesorios son micas y minerales opacos. Los clastos van de subangulosos a subredondeados, con un tamaño de arenas finas a medias. Presenta una matriz arcillosa con un porcentaje menor al 15%. Los granos se encuentran moderadamente seleccionados. Se clasificó como una Litarenita (fig. 3.16).

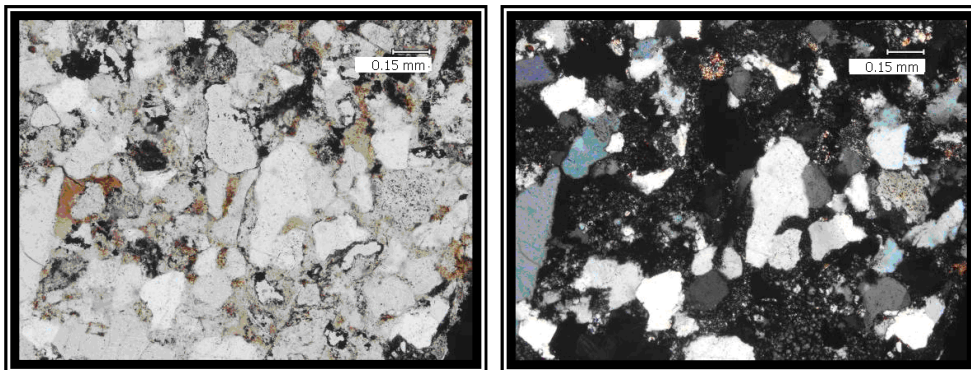


Fig. 3. 16 Muestra ZT-L5 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-L6 (B-1): Presenta un contenido mineralógico de cuarzo del 48%, con líticos alrededor de un 40 %, feldspatos un 2 %, además de minerales opacos y micas un 5 %. Los clastos son subangulosos y subredondeados, su tamaño es de arenas medias. En su mayoría los clastos se observan clastosoportados, tiene una matriz arcillosa que representa el 5%. Los sedimentos se encuentran moderadamente clasificados texturalmente. Se clasificó como una Litarenita (fig. 3.17). Además presenta oquedades rellenas de calcita.

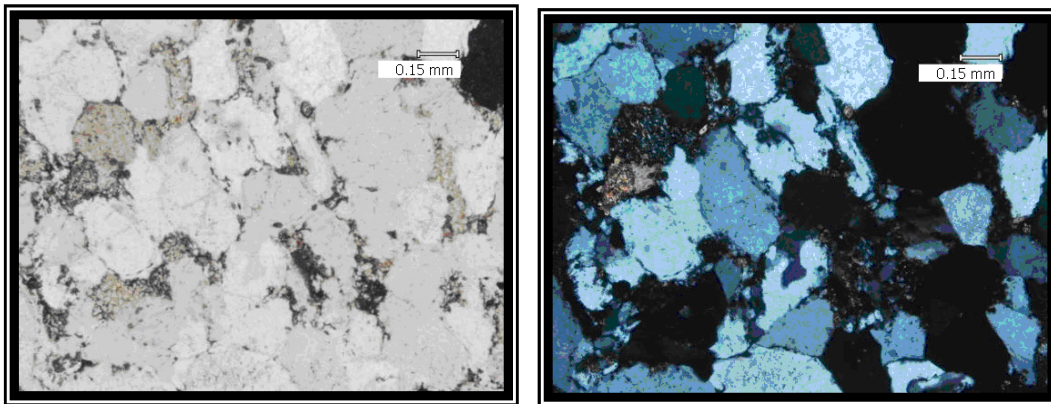


Fig. 3. 17 Muestra ZT-L6 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

-Grauvacas:

- Descripción macroscópica: en general presentan un color pardo rojizo al intemperismo, mientras que al fresco un color gris. Los clastos que las conforman son de cuarzo en mayor cantidad y líticos provenientes del Complejo Acatlan. El tamaño de estos es de arenas finas en su mayoría, aunque se presentan algunos de tamaño de arenas gruesas, son subangulosos y se encuentran contenidos en una matriz arcillosa. Se encuentran en estratos irregulares con espesores .5 a 1.3 m. Contienen una mayor cantidad de oxido de Fe en comparación a las litarenitas, además de presentar marcas de carga (fig. 3.18).



Fig. 3.18 A la izquierda estrato de grauvacas intercalados con carbón. A la derecha las marcas de carga, entre el contacto de areniscas con lutitas. Localizados a un lado del camino de terracería, en las proximidades del Río Numí..

Además contienen huellas fósiles posiblemente de dinosaurios en la cima de un estrato de areniscas que aflora en el margen derecho del Río Numí (Fig. 3.19).



Fig. 3.19 Huellas probablemente de dinosaurio, localizadas en el margen del Río Numí.

- Descripción microscópica: Se analizaron en total 4 muestras de grauvacas correspondientes con la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.
- ZT-G1 (Numí II): Se tiene un contenido mineralógico de cuarzo del 45%, de líticos alrededor de un 30%, feldespatos un 3 %, además de algunos minerales accesorios como micas 10% y opacos representando un 2%. Los granos en su mayoría son subangulosos y subredondeados, el tamaño de los clastos es de arenas medias. Contiene un porcentaje del 15 % de matriz, la cual se compone de arcillas; se

encuentra la muestra moderadamente seleccionada. Contiene oxido de Fe rellenando las fracturas. La clasificación corresponde con una Grauvaca (fig. 3.20).

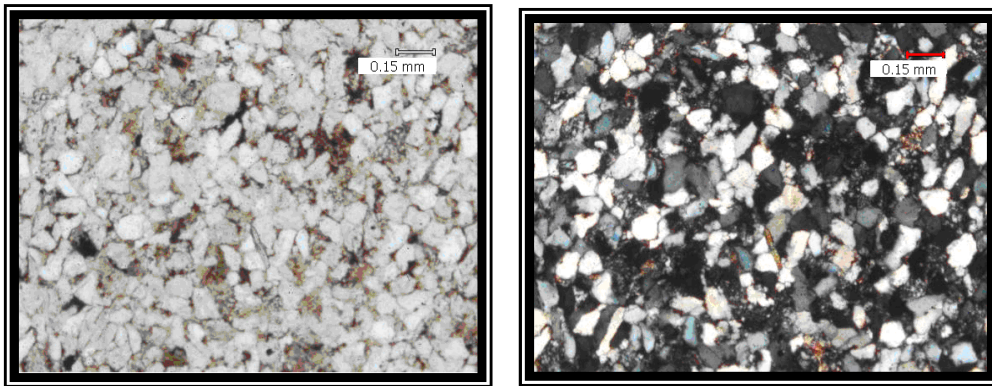


Fig. 3. 20 Muestra ZT-G1 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-G2 (Numí III): El contenido mineralógico de esta muestra es alrededor de 45% líticos con un porcentaje del 35% cuarzo, feldespatos con un 2%, también se encuentran micas y minerales opacos con un porcentaje del 5 %. Los granos son subangulosos a angulosos, y el tamaño va de arenas medias a gruesas. La matriz de arcilla corresponde con un 15%. Los clastos están pobremente clasificado. Esta roca corresponde con una Grauvaca Lítica (fig. 3.21).

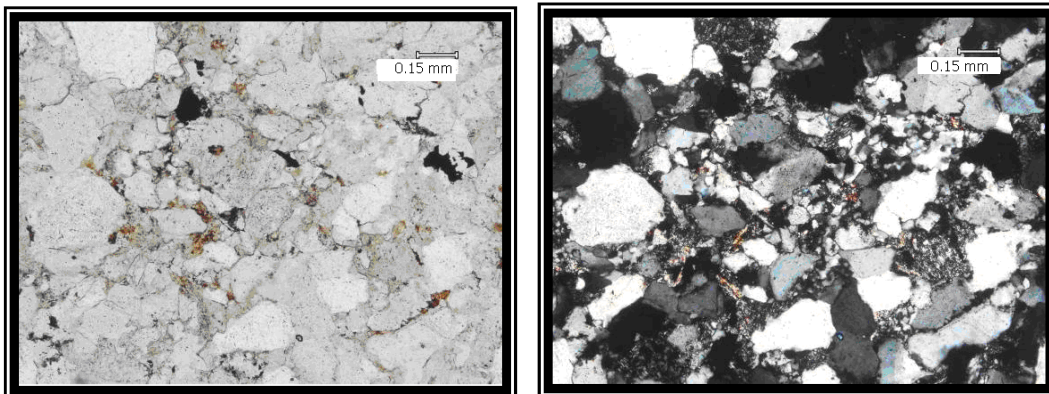


Fig. 3.21 Muestra ZT-G2 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados

- ZT-G3 (Numí A-4): El contenido mineralógico de esta muestra es de cuarzo alrededor de un 40% y con 30 % de líticos, tiene un porcentaje de matriz mayor al 15%, los minerales accesorios como micas representan el 10%. Los granos son angulosos, y el tamaño de ellos va de arenas finas a muy finas. Los clastos en su mayoría se encuentran clastosoportados y presentan buena clasificación textural. La clasificación corresponde a una Grauvaca litica (fig. 3.22).

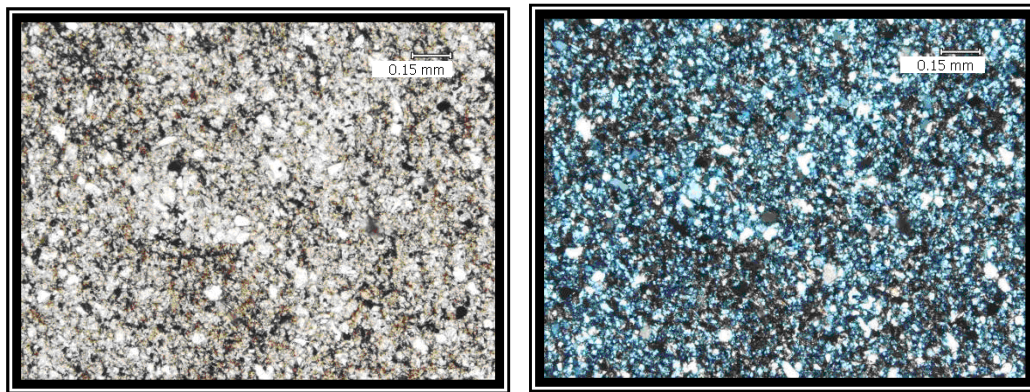


Fig. 3. 22 Muestra ZT-G3 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- ZT-G4 (B-5): El contenido mineralógico de esta muestra es de cuarzo alrededor de un 28% y con 40 % de líticos, tiene feldespatos alrededor de un 2%, además de micas, minerales opacos y óxidos de Fe con un 15 %, tiene un porcentaje de matriz arcillosa del 15%. Los granos son subangulosos, y su tamaño es de arenas finas y medias. Los clastos presentan una moderada clasificación textural. La clasificación de la muestra corresponde con una Grauvaca lítica (fig. 3.23). La matriz arcillosa se encuentra en algunas partes reemplazando a los feldespatos.

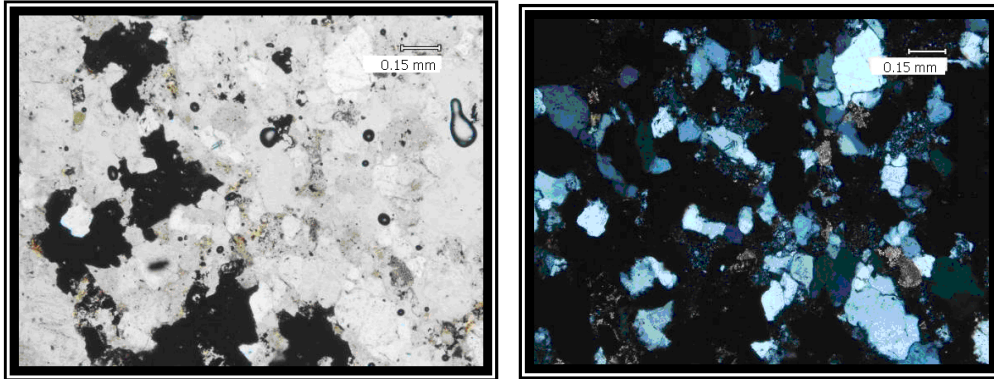


Fig. 3. 23 Muestra ZT-G4 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

Además se identifico una muestra correspondiente a una cuarzoarenita, la descripción a continuación.

- ZT-C1 (B-3): Se presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 68%, y líticos alrededor de un 20%, con feldespatos con un 2% los minerales accesorios son micas y minerales opacos con un 5 %. Los clastos son subangulosos y subredondeados, con un tamaño de arenas gruesas a medias. Presenta una matriz arcillosa con un porcentaje menor alrededor del 3 %, por lo que en general los clastos están en contacto entre ellos. Los sedimentos se encuentra bien seleccionados. Se clasifico como una Cuarzoarenita (fig. 3. 24).

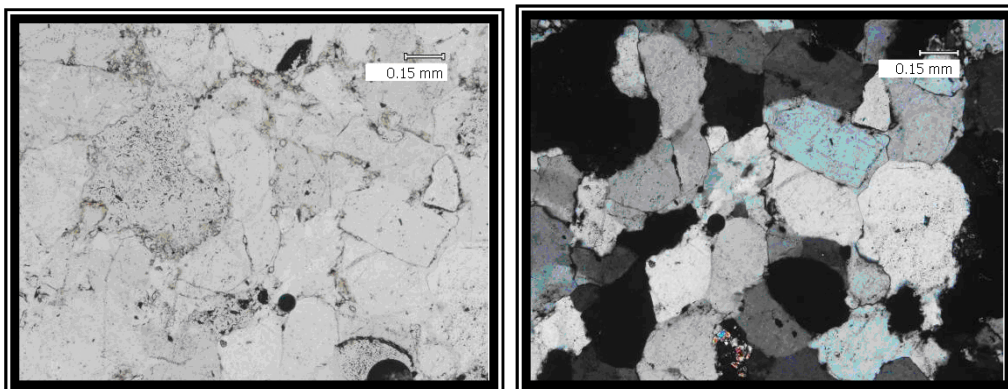


Fig. 3. 24 Muestra ZT-C1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

>Formación Simón:

- Descripción macroscópica: Se presentan areniscas intercaladas con lutitas (fig.3.25), con una menor proporción de ellas hacia la cima. Las areniscas tienen color pardo claro al intemperismo, mientras que al fresco tienen un color gris oscuro. Predomina el cuarzo en contenido de clastos, además de líticos y feldespatos. El tamaño de los clastos va de arenas gruesa a finas. Su contenido de matriz en las areniscas varía por lo que se tienen litarenitas y grauvacas, además de cuarzoarenitas. Se encuentran zonas de estratificación cruzada, con estructuras correspondientes a marcas de carga y rellenos de canal; además contiene nódulos y costras de Fe.



Fig. 3.25 Intercalación de areniscas con lutitas, afloramiento en el camino de terracería hacia San Juan Mixtepec.

- Descripción microscópica: Se describieron 5 muestras de areniscas, correspondiendo 3 a grauvacas, una a una litarenita y además de una cuarzoarenita.
  - S-G1 (TL-3): Presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 35%, y líticos alrededor de un 30%, contiene un porcentaje alto de feldespatos alrededor de un 10 % los minerales accesorios son micas y minerales opacos que

corresponden con un 4%. Los clastos son subangulosos, con un tamaño de arenas gruesas a medias. Presenta una matriz arcillosa con un porcentaje alrededor del 20%. La muestra presenta clastos mal seleccionados. Se clasifico como una Grauvaca lítica (fig. 3.26).

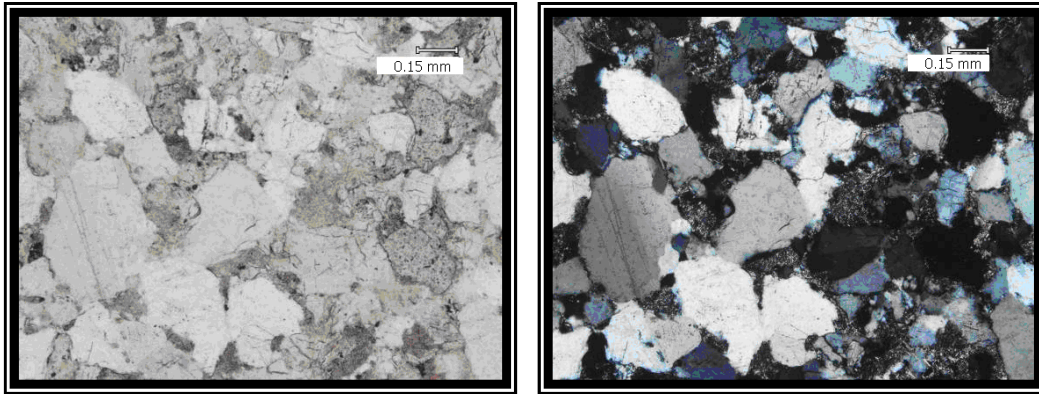


Fig. 3. 26 Muestra S-G1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- S-G2 (TL-5): Presenta un contenido mineralógicamente de cuarzo del 40 %, los líticos alrededor de un 15 %, feldspatos un 1 %, además de minerales opacos, micas (muscovita) y óxidos con un 10 %. Los clastos son subangulosos a angulosos, su tamaño va de arenas medias a finas, con una matriz arcillosa que representa alrededor del 35%. Los granos se encuentran muestra mal clasificados. Se clasificó como una Grauvaca lítica (fig.3.27).

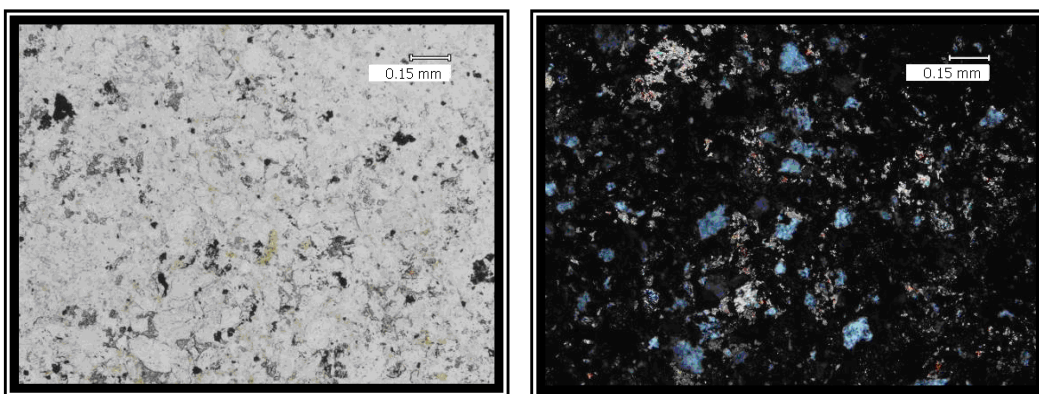


Fig. 3. 27 Muestra S-G2 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.



- S-G3 (TL-7): Se presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 50%, y líticos alrededor de un 20%, feldespatos con 1%, los minerales accesorios son micas y minerales opacos que en conjunto corresponden con un 10%. Los clastos son subangulosos y subredondeados, con un tamaño de arenas gruesas a medias. Presenta una matriz arcillosa con un porcentaje alrededor del 20%. La muestra se encuentra mal seleccionada. Se clasificó como una Grauvaca lítica (fig. 3.28).

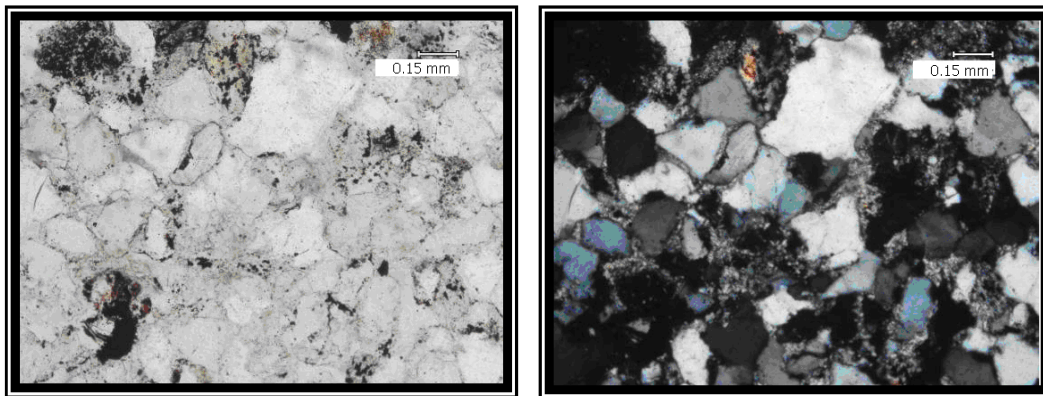


Fig. 3. 28 Muestra S-G3 vista a través del microscopio petrográfico. Ala izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- S-L1 (TL-6): El contenido de esta muestra es de cuarzo alrededor de un 45% y con 40 % de líticos, feldespatos solo un 1%, además de minerales opacos con un 6% y la matriz arcillosa es de un 8%; los clastos en su mayoría se encuentran clastosoportados. Los granos son subangulosos, y el tamaño de ellos va de arenas gruesas a medias. La selección de los clastos es de moderadamente clasificados. La clasificación es una Litarenita (fig. 3.29). Algunas partes presentan mas cantidad de matriz, no tiene una porosidad homogénea.

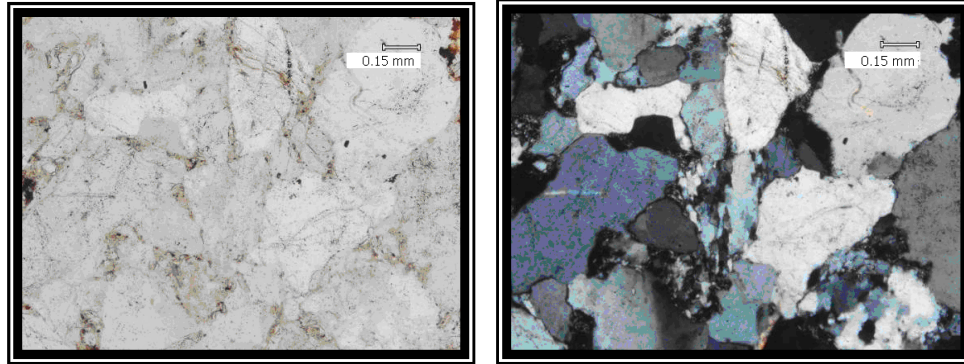


Fig. 3. 29 Muestra S-L1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

- S-Q1 (TL-7-A): El contenido mineralógico de esta muestra es de cuarzo alrededor de un 50% y con 35 % de líticos, feldespatos solo un 1%, además de minerales opacos y oxido de Fe con un 6%. La matriz arcillosa es de un 8%, los clastos en su mayoría se encuentran clastosoportados. Los granos son subangulosos, y el tamaño de ellos va de arenas gruesas a medias. La selección de los clastos corresponde con moderadamente clasificada. La roca corresponde a una cuarzoarenita (fig.3.30). Presenta clastos retrabajados.

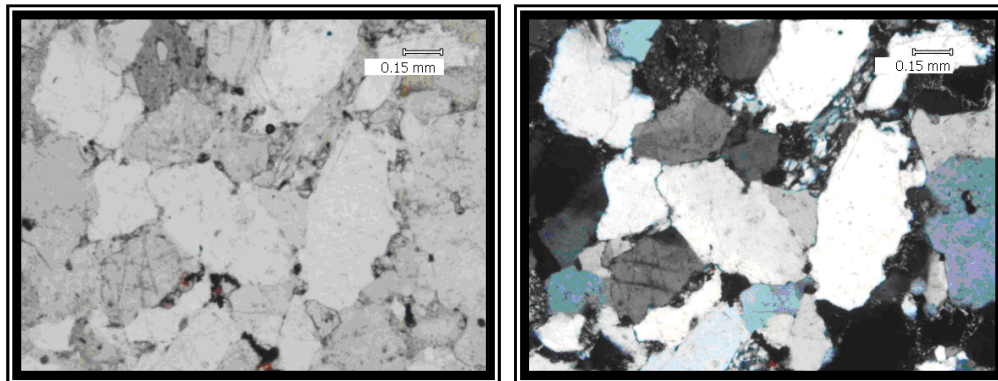


Fig. 3. 30 Muestra S-Q1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

>Formación Otatera:

- Descripción macroscópica: Presenta areniscas de color pardo oscuro al intemperismo, y pardo claro al fresco. Son areniscas de grano fino, con clastos de tamaño de arenas finas y medias. En su mayoría estos clastos son de cuarzo, contenidos en una matriz arcillosa. También se encuentra constituida por coquinas de color negro.
- Descripción microscópica: Se obtuvo una muestra de esta Formación, la cual corresponde con una grauvaca.
  - O-G1 (B-6): Presenta un contenido mineralógico de cuarzo con un porcentaje del 60%, y líticos alrededor de un 13%, feldspatos con 1%, los minerales accesorios son micas y minerales opacos que representan un 6%. El tamaño de los clastos es de arenas finas y medias, las arenas finas son subangulosas y las medias son subredondeadas. Con una matriz arcillosa con un porcentaje alrededor del 20%. Los granos se encuentran moderadamente seleccionados. Se clasifico como una Grauvaca (fig.3.31). Presenta dos fuentes de aporte de material.

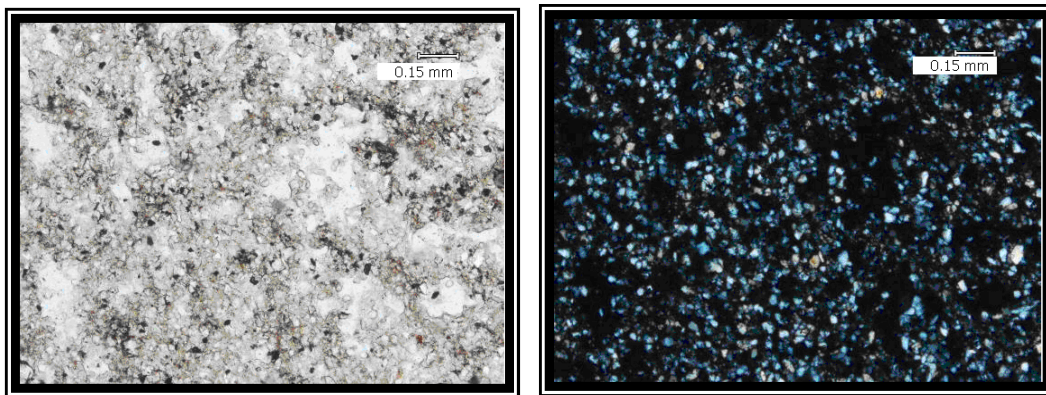


Fig. 3. 31 Muestra O-G1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicoles cruzados.

>Lavas almohadillas y derrames

- Descripción macroscópica: Rocas ígneas extrusivas de color pardo claro al intemperismo, y color gris oscuro al fresco. Con composición basáltica, depositadas en forma de derrames (fig. 3.32) y lavas almohadillas. Contiene andesina, anfíboles y piroxenos.



Fig. 3.32 Derrames localizado en la parte norte del municipio de Tlaxiaco

- Descripción microscópica: Se realizó una lámina delgada de una lava almohadilla.
  - LA-1: Contiene principalmente en mayor porcentaje cristales de andesina, además de cristales de olivino y augita, por lo que se clasifica como un basalto de olivino (fig. 3.33).

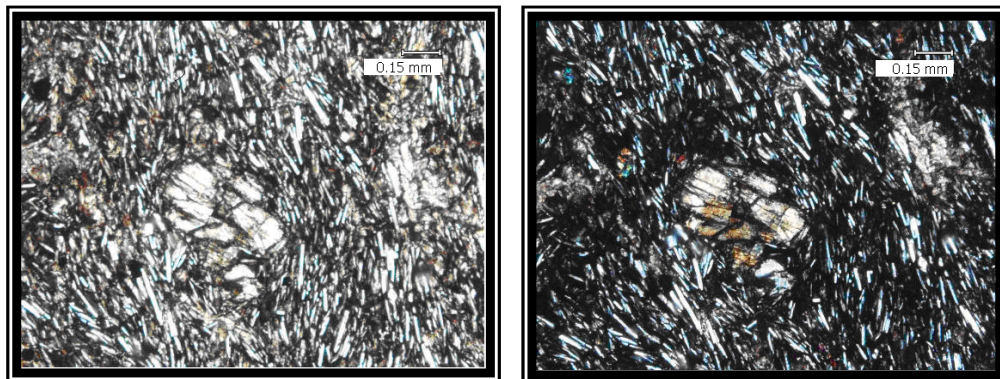


Fig. 3. 33 Muestra O-G1 vista a través del microscopio petrográfico. A la izquierda vista con luz polarizada, a la derecha con nicols cruzados.

### 3.3 Fósiles.

Los fósiles que se encontraron en la Formación Zorrillo- Taberna Indiferenciadas son de plantas, que son abundantes en las proximidades de las capas de carbón, en los horizontes de lutitas, aunque también se encontraron algunos en las areniscas de grano fino. A continuación se presentan los grupos encontrados y las especies pertenecientes a cada uno de ellos que pudieron ser determinados por Diego Lozano, del equipo de paleontología de la FES Zaragoza, coordinado por la Dra. Patricia Velasco de León:

- Benetiales:
  - *Zamites lucerensis* (fig. 3.34)
  - *Zamites oaxacensis*
  - *Zamites tribulosus*
  - *Zamites feneonis*
  - *Zamites sp*
  - *Otozamites hespera*
  - *Otozamites obtusus*



Fig. 3.34 Ejemplar de *Zamites lucerensis*, contenido en una grauvaca de grano fino, en la localidad del Río Numí.

- *Otozamites sp*
- *Ptilophyllum pulcherrium*
- *Ptilophyllum acutifolium*
- *Ptilophyllum cutchense*
- *Ptilophyllum sp*
- *Pterophyllum nathorsti*
- *Pterophyllum espinosum*
- *Williamsoniaceae* (fig. 3.35)



Fig. 3.35 Ejemplar de *Williamsonia*, encontrado en una grauvaca de grano fino, en la localidad del Río Numí.

- Helechos:
  - *Piazopteris branneri* (fig.3.36)
  - Helecho morfotaxon A



Fig. 3.36 Ejemplar de *Piazopteris branneri*, conservado en una lutita con carbón, en la localidad de Río Numí.

- Equisetos (fig. 3.37):



Fig. 3.37 Ejemplar de *Equisetum* sp., encontrado en una grauvaca de grano fino, en la localidad del Río Numí.

- Coníferas:
  - *Noeggerathiopsis hislopi* (fig. 3.38)
  - *Podozamites* sp
  - *Pelourdia* sp
  - *Elatocladus* sp



Fig. 3.38 Ejemplar de *Noeggerathiopsis hislopi*, conservado en una grauvaca de grano fino, en la localidad del Río Numí.. .

- Plantas fósiles de posición incierta:
  - *Mexiglosa varia* (fig. 3.39)
  - *Trigonocarpus oaxacensis* (fig. 3.39)





Fig. 3.39 A la izquierda ejemplar de *Mexiglosa varia*, y a la derecha una semilla fósil *Trigonocarpus oaxacensis*, los dos ejemplares fueron encontrados en lutitas con carbón en la localidad del Río Numí.

- Ginkgoales (Fig. 3.30):

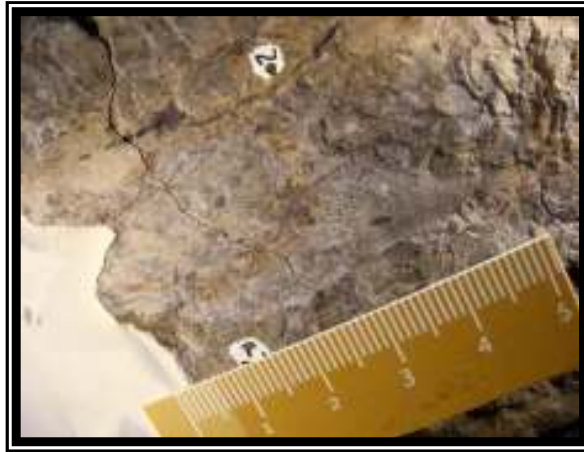


Fig. 3. 40 Ejemplar de *Ginkgoal* conservado en una lutita carbonosa en la localidad del Río Numí.

Además se encontraron ejemplares de algunas raíces y otros ejemplares de tallos y hojas a los cuales se les agrupo como morfotaxon, ya que no pueden ser distinguidas las características específicas del ejemplar, entre las cuales destacan posibles angiospermas (Fig. 3.41).



3.41 Hoja fósil de posible angiosperma ya que se observa la principal a todo lo largo de la parte central de la hoja, esta conservada en una lutita carbonosa de la localidad de Río Numí.

### . 3.4 Litofacies.

Selley (1970) define a una facies como al conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros, con base en su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles. La litofacies se encuentra referida principalmente al sentido litológico de la roca.

Miall (1977) elaboró una clasificación sobre litofacies y sus estructuras sedimentarias característicos de un sistema fluvial (tabla 3.5).

<b>Código de facies</b>	<b>Litofacies</b>	<b>Estructuras sedimentarias</b>
Gms	Gravas masivas con textura no granostenida.	Ninguna
Gm	Gravas masivas o algo estratificadas	Estratificación horizontal, imbricación.
Gt	Gravas estratificadas	Estratificación cruzada
Gp	Gravas estratificadas	Estratificación cruzada planar
St	Areniscas, a veces con cantos.	Estratificación cruzada
Sp	Areniscas, a veces con cantos.	Estratificación cruzada planar
Sr	Areniscas	Ripples de diversos tamaños
Sh	Areniscas	Laminación horizontal
Se	Niveles erosivos con cantos de cuarzo	A veces estratificación cruzada poco marcada

Ss	Arenisca, a veces con cantos	Estratificación cruzada, sensiblemente paralela a nivel basal erosivo
Fl	Limos, arcillas	Laminación paralela o ripples
Fm	Limos, arcillas	Masivos
Fr	Limos, arcillas	Raíces y restos vegetales
P	Carbonatos	Caracteres edáficos
B	Limos, arcillas a veces areniscas	Bioturbación

Tabla 3.5 Descripción de litofacies para sistemas fluviales (Tomada de Miall, 1977).

Los depósitos aluviales entrelazados se forman en tres tipos de ambientes: ríos entrelazados, abanicos aluviales y llanuras aluviales (Arche, 1992). Miall (1977, 1978) menciona diferentes tipos de secuencias de sedimentación en este tipo de depósitos aluviales. En la parte proximal se tiene una secuencia tipo Scott y Donjek como ocurre con el Conglomerado Numí y la parte basal de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, y para la parte distante se Saskatchewan como presenta la parte superior de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas (Fig. 3.42).

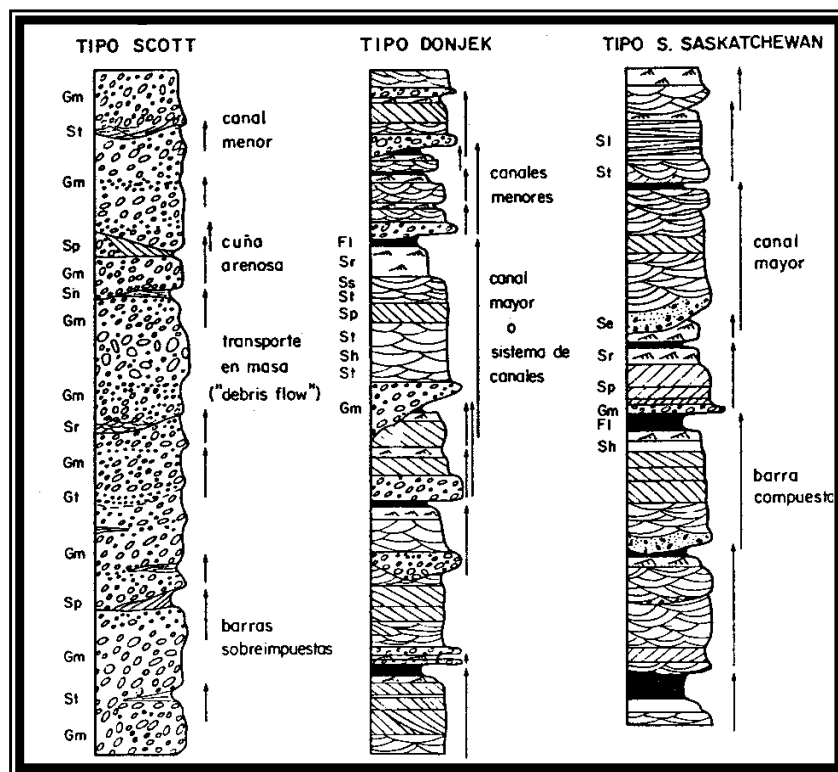


Fig. 3.42 Secuencias sedimentarias de sistemas fluviales (Tomada de Arche, 1992).

Dentro del área de estudio se presentan secuencias tipo Scott y tipo Donjek para el Conglomerado Numí y para la base de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, en la cual se encuentran las litofacies Gms, Gm, Sh, Fr y B, esto junto con facies proximales de un abanico aluvial y de un río meandrónico. Además de facies de llanura deltaica de un delta, esto con secuencias tipo Saskatchewan con las litofacies Fl y Sp, en la parte superior de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, donde está el mayor contenido de carbón.

En la columna medida, en base a las características que separan a una facies de otra, se mencionan las siguientes:

- F1-Conglomerado clastosoportado: El tamaño de las partículas van de arenas gruesas a clastos de hasta 30 cm. En su mayoría los clastos son de líticos como esquistos y gneisses, además de cuarzo metamórfico; los clastos son subangulosos a angulosos. Contiene un porcentaje mínimo de matriz, en general los clastos se encuentran en contacto entre ellos. Se presenta en forma masiva sin alguna estructura sedimentaria, los clastos están desorientados; su depósito ocurrió en un abanico aluvial.

- F2-Conglomerado con matriz: Los clastos van de arenas medias a clastos de 45 cm de diámetro, estos son de gneiss, esquistos y cuarzo metamórfico, e incluso del mismo conglomerado retrabajado; van de subredondeados a subangulosos. Están contenidos en una matriz arcillo-arenosa. Se presentan en estratos irregulares de hasta 5 m, además contiene algunos horizontes de arenas gruesas. Su depósito corresponde con un flujo de escombros.
- F3-Lutitas: es la fracción fina de la secuencia clástica en ellas se encuentra preservado gran parte del material fósil además de contener lentes de carbón. Se presenta en estratos paralelos y continuos. Se deposita en condiciones de escasa o nula energía en periodos de inundación.
- F4-Areniscas sin matriz contiene clastos en su mayoría líticos, en general fragmentos de gneiss y en menor cantidad cuarzo y micas; contienen un porcentaje menor al 15 % de matriz arcillosa, por lo que en general están clastosoportados. El tamaño de clastos va de arenas gruesas a medias, estos en general son subangulosos. Se presenta en estratos irregulares. Representan condiciones de un ambiente fluvial de alta energía.
- F5-Areniscas con matriz arcillosa: contiene clastos en un porcentaje un poco mayor de cuarzo que de líticos, además de una porción considerable de micas. Estos clastos se encuentran contenidos en una matriz arcillosa con un porcentaje mayor al 15%. El tamaño de clastos es de arenas finas a muy finas, las cuales van de subangulosos a subredondeados; los estratos son de mayor espesor que los que contienen areniscas sin matriz arcillosa. Nos indican condiciones de baja energía en una llanura deltaica.
- F6-Carbón: se presenta en cuerpos lenticulares; indican condiciones de baja energía en la que se formaron zonas ocasionales pantanosas acumulándose gran cantidad de materia orgánica, originado el carbón.

### **3.5 Biofacies.**

Una biofacies se encuentra íntimamente relacionada con el contenido biológico fósil en las rocas, asociando y separando de otras biofacies por medio de la asociación de una especie o grupo.

En el registro fósil de la columna medida de manera local en la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, se tienen Benetiales, además de conos, helechos, esquisetos, coníferas, ginkgos y de posición incierta en el que se incluyen semillas, el porcentaje de la abundancia de cada uno de ellos se muestra en la siguiente gráfica:

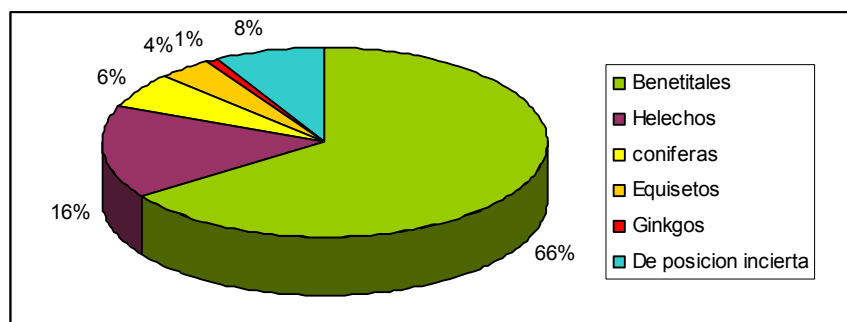


Fig. 3.43 Abundancia de los diferentes grupos de fósiles encontrados en la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.

Se estudiaron en total 189 ejemplares y fueron identificadas 26 especies diferentes. Como se puede ver en la figura 3.43 el grupo fósil más importante en el registro de la columna son las Bennettiales, la especie más abundante de dicho grupo es *Zamites lucerensis*, con un total de 47 ejemplares, le siguen los helechos quienes se desarrollan en condiciones de humedad y temperatura de cálidas a tropicales. En la parte superior del registro fósil en la columna se tiene la presencia de conos pertenecientes a las Bennettiales, además de helechos, equisetos, coníferas, ginkgos, semillas y posibles angiospermas. El área foliar, la cual es obtenida a partir del ancho por el largo de la pina, y multiplicado por un factor de corrección .66 en general para las de las Bennettiales es pequeña esto indica condiciones de temperaturas altas y una escasez de agua. Los helechos y equisetos nos indican condiciones de humedad, es decir se encuentran ligados a una corriente fluvial o a una zona de clima húmedo. La comunidad de las Bennettiales era madura y bien establecida esto se fundamenta en la presencia de los conos y semillas registrados en la columna. Las coníferas y los ginkgos que probablemente formaron un bosque y habitaron más alejados de la corriente de agua, al caer las hojas sufrieron transporte hasta esa área donde fueron depositados. En base a esto se puede interpretar la presencia de dos comunidades una alejada de la corriente y otra cercana a la misma (vegetación riparia) en el ambiente sedimentario de la parte superior de la formación

Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. El carbón se formó por la acumulación tanto de la comunidad alejada de la corriente fluvial como de la comunidad cercana a la corriente, esto posterior a periodos de inundación, en los que la energía era nula, por lo que se acumularon y depositaron en zonas pantanosas.

Además se encontraron ejemplares en malas condiciones de posibles angiospermas, esto en base a las características observables en hojas fósiles, que es importante ya que se supone las angiospermas aparecieron a principios del Cretácico, y éstas se encontraron en rocas pertenecientes al Jurásico Medio.

### **3.6 Ambiente sedimentario**

A inicios del Mesozoico se inició en la parte sur de México un proceso que ocasionó la subsidencia de varios bloques de la región, esto provocado por la apertura del Golfo de México; por lo tanto se tiene un proceso de rift que en una etapa inicial originó un ambiente continental relacionado a corrientes fluviales en un relieve abrupto. Con base en el análisis de las facies y sus asociaciones, y los fósiles encontrados, se interpretaron y proponen los siguientes ambientes sedimentarios.

En el Conglomerado Numí están presentes las facies F1 y F2, por lo que se puede interpretar que fue depositado en un ambiente continental relacionado con un relieve abrupto, debido a la apertura de la cuenca que originó horst y grabens. Se generaron fallas normales, lo que originó áreas con cierta elevación generando un relieve disconforme en los valles formados, al correr las corrientes fluviales provenientes de partes altas desgastaron y arrastraron material del Complejo Acatlán, depositándolo en el pie de monte formando un abanico aluvial y flujos de escombros con lodo y fragmentos de roca de diferente granulometría.

Un abanico aluvial es una acumulación de sedimentos en forma de cono formados en la parte baja de una elevación, originado cuando las corrientes emergen de las partes confinadas hacia las partes bajas hasta perder eficiencia de transporte; esta unidad se compone de dos tipos de sedimentos, uno depositado por corrientes fluviales y otro por flujos de gravedad. Se divide en tres partes proximal, medio y distante. La parte proximal está conformada por conglomerados, la parte media por conglomerados y alternancia de areniscas, y la parte distal por areniscas. Así que mientras en parte proximal el tamaño del grano es creciente y su

redondez disminuye, hacia la parte distal el tamaño del grano decrece y la redondez aumenta esto corresponde con lo que propone Einsele (2000).

Por las características de F1 se tiene un abanico aluvial en su parte proximal debido a la presencia de una unidad conglomerática de clastos grandes e irregulares, la cual tiene como características que los clastos se encuentran clastosoportados y con dimensiones variables, con una pobre clasificación, además ser angulosos y subangulosos. Este fue generado por un relieve erosivo causado por escarpes originados por fallas normales, provocando que las corrientes que fluían de las partes altas arrastraran gran cantidad de material del basamento metamórfico emergieran del frente montañoso hasta el pie de monte dando origen a abanicos aluviales, en la desembocadura de cañones. Se depositaron de forma contemporánea flujos de escombros, representados por F2, generados por lluvias de alta intensidad lo cual originó que en las zonas inestables bajaran de las zonas elevadas grandes avalanchas de escombros con flujos de gravedad que por su mayor fuerza se desbordó arrastrando gran cantidad de material provenientes del basamento metamórfico y del mismo talud, esto se ve reflejado en los clastos de variable dimensión suspendidos en material arcillo-arenoso. El ambiente sedimentario donde fueron depositados estos sedimentos se muestra esquemáticamente en la Figura 3.44.

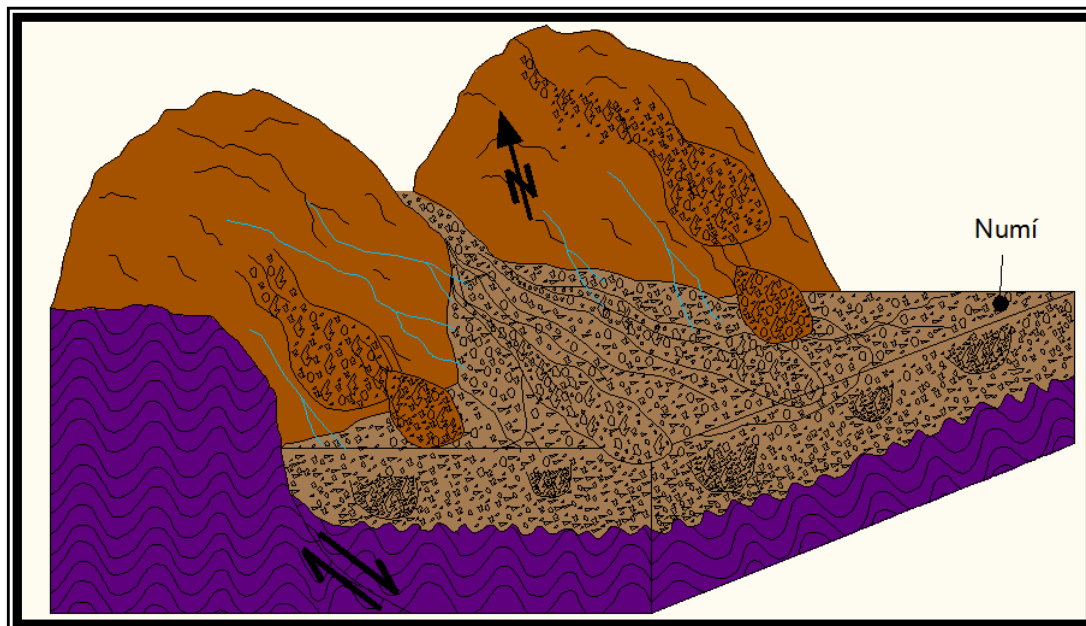


Figura 3.44. Modelo de ambiente sedimentario del Conglomerado Numí.



Las facies F4, F5 y F3 en la base de la Formación Indiferenciada Zorrillo-Taberna se interpretan como un ambiente de un río meandrónico, se tiene mayor presencia de la facies F4. Esto indica condiciones de alta energía al originarse el depósito de esta formación, por los clastos de variable dimensión, son angulosos y en su mayoría clastosportados, estas condiciones de alta energía estaban dadas por una corriente fluvial; esto posteriormente junto con llanuras de inundación, las cuales acumularon el material fino que se ve reflejado en las facies F3 y F5, indican que empezaron a tener condiciones de variable energía.

En la parte superior de esta misma formación se tiene la asociación de las facies anteriores junto con F6, interpretándose como un delta con lagos y pantanos en su proximidad.

Un delta es un complejo fluvial. Son estructuras de forma convexa que sobresalen en la zona de costa al desembocar un río, es originado por un exceso de aporte de sedimentos continentales sobre la redistribución que causan las olas, corrientes y mareas (Arche, 1992).

Un delta se divide en dos partes (fig. 3.45), una llanura deltaica la cual es la parte subárea, y el frente deltaico que se encuentra sumergida. Tanto la llanura deltaica como el frente deltaico se dividen en otros elementos de menores dimensiones.

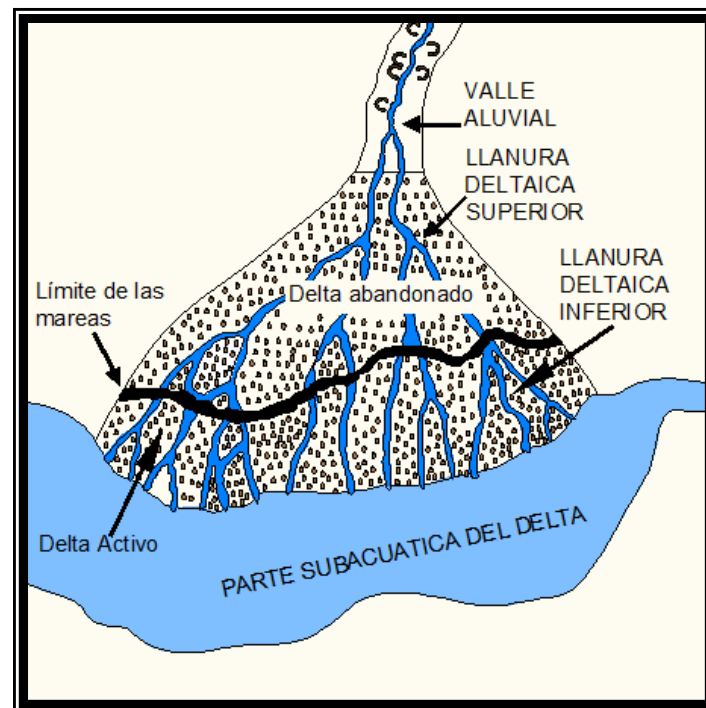


Fig. 3.45 Partes de un delta. Modificada a partir de Arche, 1992.

Los deltas se encuentran conformados por tres tipos de procesos la descarga fluvial, los procesos dinámicos relacionados con la parte marina y el régimen tectónico presente.

Para su clasificación, Galloway (1975) usa un diagrama triangular, en el cual los elementos que lo componen son procesos fluviales, mareales y de olas puros (fig.3.46)

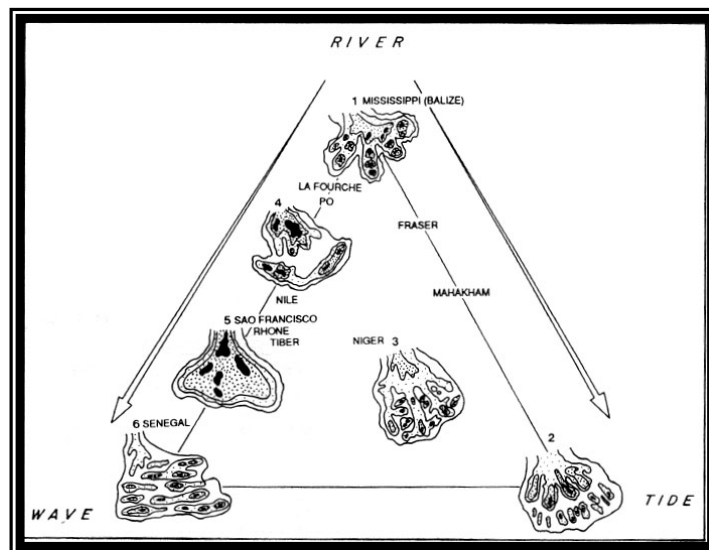


Fig. 3.46 Ejemplos de delta de acuerdo con la clasificación de Galloway (1975).

El delta fue alimentado por las corrientes fluviales provenientes de las zonas con alta pendiente debido a la subsidencia que aun continuaba, que al coincidir formaban un río de tipo meandrónico, el cual al llegar a la línea de costa dio origen al delta. El material que compone a la Formación Zorrillo-Taberna se depositó en la parte de la llanura deltaica superior, ya que no se tiene presencia de alguna estructura o evidencia de actividad marina muy directa, además que el registro fósil es meramente continental, en las proximidades de la línea de costa.

El delta presenta condiciones variables de energía como se ve a lo largo de la columna con las intercalaciones de las facies F4 y F5, ya que se tienen cambios en el tamaño y forma de grano, además del contenido de matriz arcillosa; los granos presentan un tamaño que varía de grano fino a medio, clastos subangulosos-subredondeados y una mayor cantidad de matriz arcillosa, estos parámetros indican condiciones de baja energía como se ve en las facies F4, al

contrario de la facies F5 las cuales nos indican condiciones de mayor energía, al presentar clastos de variable dimensión, mas subangulosos hasta angulosos y con menor matriz arcillosa. La forma subangulosa de los clastos también indica condiciones mas secas que húmedas. Se tenían periodos en los que las corrientes fluviales corrían con una fuerza mayor, arrastrando gran cantidad de material hasta la llanura deltaica, aunque estos periodos eran cortos como lo reflejan los espesores de las areniscas con poca matriz arcillosa, aunque también estos periodos en ocasiones eran de menor energía. Al final de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas se tiene mas presente la facies F5 por lo que se tuvieron al final del depósito de está, condiciones de mas baja energía.

La facies F3 indica condiciones donde la llanura deltaica era inundada debido a periodos en los que las lluvias en zonas cercanas provocaban el desbordamiento de las corrientes fluviales, al terminar estos periodos se originaban zonas pantanosas, esto en conjunto con la subsidencia continua ayudo a la acumulación de la materia orgánica en depresiones con baja energía, poco oxígeno y circulación restringida. Eran intercaladas con los periodos en donde había desde una alta energía a una baja energía, hasta llegar a presentarse una nula, donde se formaban pequeños lagos. Las coníferas y ginkgos eran arrastrados de zonas mas alejadas, mientras que los benitales se encontraban mas cerca de las corrientes fluviales, por lo que hubo mayor depósito de ellos; los helechos y equisetos aunque no tan abundantes indican la presencia de corrientes fluviales en la zona, las cuales formaban parte de la llanura deltaica. Al acumularse toda esta materia orgánica, y continuar la subsidencia junto con procesos termales originó los abundantes cuerpos de carbón.

Se interpreta la presencia de una llanura deltaica en condiciones sub-húmedas a húmedas con periodos de inundación que daban lugar a zonas pantanosas de reducida duración, en las cuales se acumuló abundante materia orgánica vegetal, que dio lugar al carbón. Las condiciones de sedimentación se dieron en un clima semicalido con periodos cortos de condiciones húmedas esto provocado por lluvias intensas en las zonas altas de la región; posteriormente el clima fue más calido y con mayor precipitación pluvial. A continuación se presenta en la fig. 3.47 el ambiente sedimentario en el que se depositó esta secuencias de areniscas con lutitas, correspondiente a una llanura deltaica con algunas zonas pantanosas.

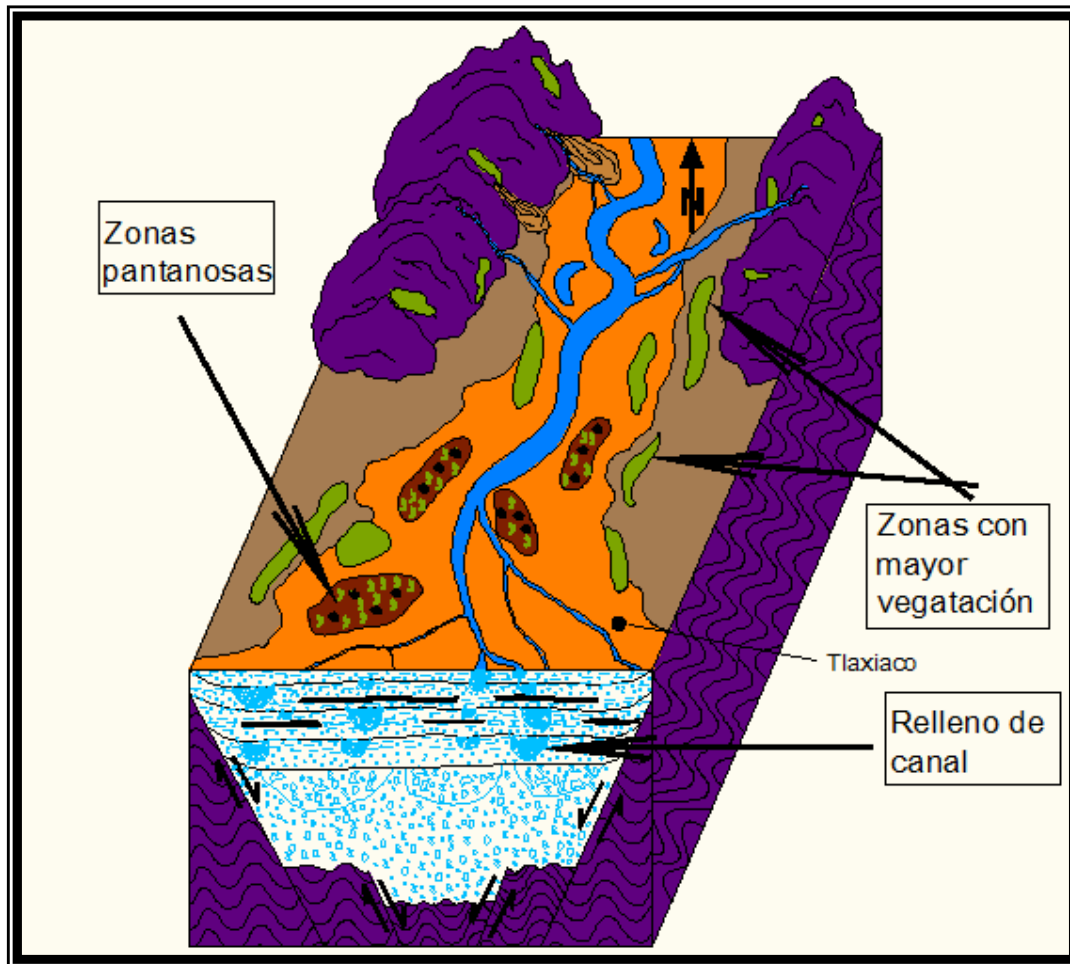
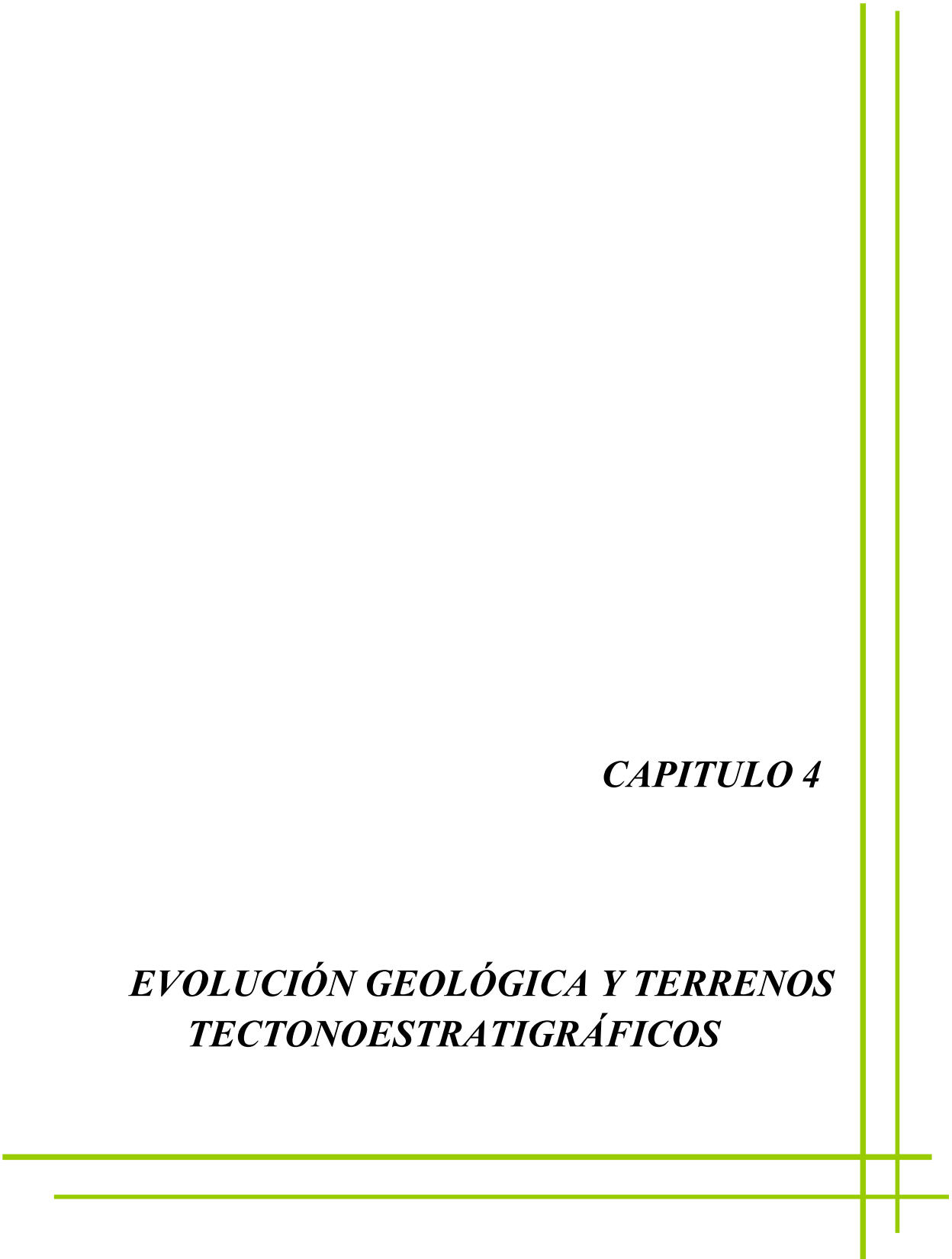


Figura 3.47. Modelo sedimentario de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas.

***CAPITULO 4***

***EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y TERRENOS  
TECTONOESTRATIGRÁFICOS***



## **4.1 Evolución geológica y paleogeografía.**

En la región de Tlaxiaco, Oaxaca, aflora un conjunto de rocas paleozoicas hasta el Reciente, tal como lo atestigua la columna estratigráfica regional (Fig. 2.1), las cuales se han formado bajo diferentes ambientes y procesos geológicos. A continuación se describe la evolución que ha tenido la región en estudio a lo largo del tiempo geológico.

### **4.1.1 Paleozoico.**

El basamento del área, corresponde al Complejo Acatlán, el cual fue originado durante la fase final de un ciclo orogénico (Ortega-Gutiérrez, 1981), evidenciando el cierre de una cuenca oceánica.

Morán-Zenteno (1987) considera que el origen del Complejo Acatlán se relaciona con los efectos provocados por la colisión en el Paleozoico Tardío de los Apalaches, desplazando bloques hacia el suroeste de Norteamérica. En el área de estudio, se tiene a la Formación Cosoltepec, la cual tuvo un origen marino sedimentario de baja energía, con presencia de algunos intervalos de volcanismo. La secuencia fue posteriormente afectada por metamorfismo regional, como resultado se tienen esquistos de muscovita, y de clorita, los cuales se encuentran con lineación mineral, foliados y con un grado medio de metamorfismo

En el lapso Devónico-Pensilvánico se tiene un levantamiento muy marcado, por lo que no hay depósito de materiales, causando que la secuencia metamórfica se exhumara y quedara expuesta.

### **4.1.2 Mesozoico**

En el Triásico se tuvo a un periodo de emersión y deformación, lo que originó que actuaran severos procesos erosivos, predominando la erosión de las zonas elevadas (horst) y depósito en las zonas bajas (grabens).

En general, durante el Jurásico Medio continuó el hundimiento de bloques debido a un proceso tectónico de tipo extensional, originándose depósitos de terrígenos en un ambiente fluvial y palustre, que cambiaron a ambientes marinos del Jurásico Superior. Esta subsidencia se debe a la apertura ocasionada por un rift continental, en que se desarrollaron sistemas de fallas normales que constituyen horst y grabens. Se originó un punto triple, en el cual dos brazos continuaron extendiéndose, mientras que uno de ellos, interrumpió su apertura, el

aulacógeno, en el se formó sistema fluvial en la región de mayor relieve y un delta en la zona de transición con el océano (Fig. 4.1).

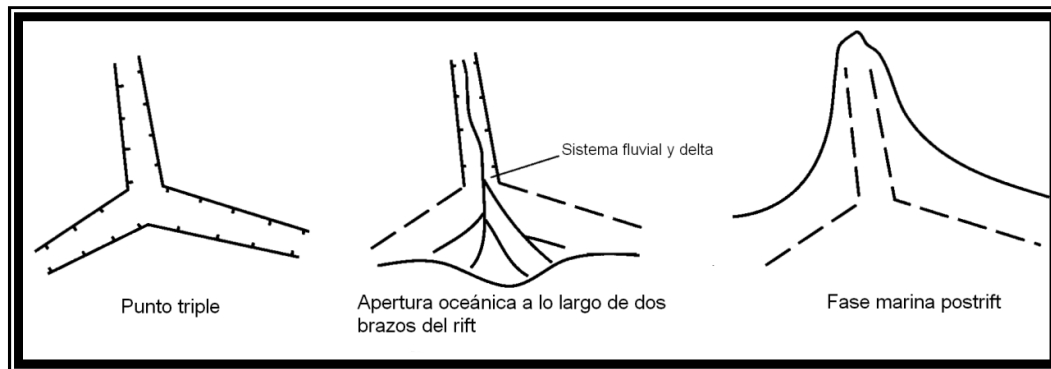


Fig. 4.1 Evolución de un punto triple, en el cual se observa el desarrollo de dos brazos y la interrupción del tercer brazo (Tomada de *Basin Analysis*, Allen, 2005).

Desde inicios del Jurásico, se interpreta la presencia de un ambiente fluvial con corrientes que transportaban material erosionado proveniente del Complejo Acatlán, debido a procesos de levantamiento, lo que ocasionó también flujos de escombros en forma de avalanchas en las zonas de mayor relieve, en las proximidades a las superficies de falla.

Estos procesos dieron origen al Conglomerado Numí, esta unidad presenta clastos con un rango de diámetro desde 7 cm hasta 45 cm; los clastos son subangulosos en su mayoría, esto junto con su pobre clasificación y su geometría lenticular indica un ambiente de depósito de abanicos aluviales unidos como facies proximales sobre un relieve disconforme, originado por la etapa temprana de la formación de horst y grabens, donde existían fuertes pendientes que originaron también depósitos de gravedad en temporadas de lluvias correspondientes a avalanchas y flujos de escombros con materiales caóticos y lodosos con gran variedad de clastos de diferentes tamaños.

Durante el Bajociano-Calloviano se desarrolló un ambiente fluvial meándrico en un valle amplio y de baja pendiente, esta condición cambió por una subsidencia continua lo que originó llanuras de inundación y desarrollo de lagos que evolucionaron a zonas pantanosas en un área próxima a la línea de costa, por lo que, en un tiempo posterior se inició una

transgresión cambiando a condiciones marinas, lo cual se incrementó al final del Jurásico Medio, originándose una conexión entre el Océano Pacífico y el Atlántico.

En el lapso entre el Bajociano y el Batoniano ocurrió una alta actividad orgánica, sobre todo de plantas como helechos y cícadas, que corresponde con la flora fósil más común presente en el área; la vegetación más abundante se tiene en las litologías formadas en las llanuras de inundación y en los pantanos, en estos últimos la abundancia de materia orgánica propicio que durante la diagénesis se formaran importantes horizontes de carbón, el que se encuentra en la Formación Indiferenciada Zorrillo-Taberna. Dicha formación se encuentra asociada en su base a un río meándrico que después cambio a un delta; en la parte de la llanura deltaica hubo importante desarrollo de vegetación, esto se interpreta por las intercalaciones de lutitas con areniscas de grano medio a fino, los rellenos de canal y la estratificación irregular, además que las zonas de lutitas con abundantes plantas fósiles y capas de carbón que se originaron en pantanos en la zona próxima al delta.

Al mismo tiempo ocurrió un periodo de subsidencia continua, en correspondencia con el desarrollo de fallas normales originando una zona de horst y graben activos, con lo cual se tuvieron episodios de rápida sedimentación en una cuenca subsidente por lo que se pudo conservar gran cantidad de flora fósil al sepultarse por material arcilloso o limoso en temporada de menor energía. Se interpretó que ocurrió buena protección a las zonas pantanosas por medio de barras de arena, por lo que la acción de corrientes de alta energía o del oleaje fue escasa ayudando a la preservación de la materia orgánica al tener zonas protegidas de baja energía.

Al final del Jurásico se presenta un ambiente dominante marino somero, esto se interpreta con base a la disminución de material fino y el aumento de areniscas, concreciones hematíticas, y abundantes fósiles de pelecípodos. En este lapso la subsidencia continuó.

Basándonos en el criterio de Fielding (1987), el carbón encontrado en el área en la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas se debió a que la sedimentación y la subsidencia estuvieron en equilibrio, incrementándose progresivamente el espesor de los horizontes ricos en plantas.

En la parte final del Jurásico tardío se tiene un proceso de depósito de terrígenos en un ambiente de playa con influencia de corrientes fluviales, originando a la Formación Simón en un marco tectónico donde las fallas continuaron su desarrollo. Posteriormente se produjo una



transgresión, originando un ambiente nerítico aun asociado a un ambiente de playa, y el depósito de la Formación Otatera. Estos procesos ocurrieron entre el Batoniano medio- tardío.

Meneses Rocha (1994) menciona dos ciclos durante el desarrollo del rift, el primero dio origen a la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas en un ambiente continental mixto, mientras que el segundo a las formaciones Otatera y Simón. Además, la transgresión tuvo un importante desarrollo y durante el Aaleniano-Batoniano temprano la subsidencia aumentó; por lo que, el nivel del mar aumentó, siendo invadidas por aguas marinas todas las zonas de topografía más bajas. En el Bathoniano se depositaron los sedimentos que corresponden a la Formación Otatera.

La transgresión marina iniciada en el Batoniano tardío continuó y aumentó durante el Calloviano, por lo que se tuvo un ambiente nerítico somero, depositándose la Formación Yucuñuti. Esta transgresión procedente del Pacífico dirigida hacia el norte y la región del Golfo (Cantú-Chapa, 1998) también está relacionada a la apertura del Océano Atlántico.

Al finalizar el Calloviano el material clástico transportado disminuyó y hubo ausencia de material volcánico; se tuvo una etapa de subsidencia en el área de Tlaxiaco que corresponde a la fase final de rompimiento del Golfo de México, originando depósitos marinos someros en una cuenca sin-rift.

Iniciando el Oxfordiano, la transgresión marina continuó, en aguas someras, presentándose una paleobahía, localizada en el extremo meridional del mar epicontinental que ocupaba parte del centro de México (Meneses Rocha, 1994), con este ciclo transgresivo disminuyó el transporte y depósito de terrígenos. Se depositaron biomicritas fosilíferas en condiciones de alta energía constituyendo a la Caliza con *Cidaris*.

En el Cretácico Inferior hay ausencia del registro estratigráfico por erosión, sin embargo se interpreta la presencia de un ambiente de mar abierto, plataforma somera y continental; esto debido a que existen cambios horizontales y verticales entre carbonatos y terrígenos. Esta ausencia la interpreta Meneses Rocha (1994) como un proceso asociado a un movimiento tectónico desde el Tihoniano hasta el Cretácico Inferior.

En el Aptiano-Albiano hay una transgresión importante, presentándose un ambiente de aguas someras, cálidas y tranquilas, depositando gran cantidad de lodo de carbonato y aloquímicos

que originaron una secuencia carbonatada que corresponde con la Formación Teposcolula. En ese tiempo la tectónica es estable coincidiendo con el enfriamiento de la corteza; originándose aumento en el nivel del mar formando una amplia plataforma somera en la que se acumularon carbonatos; los cambios texturales de las calizas se explican por la irregularidad de la superficie de la zona marina somera.

Para el Cenomaniano se interpreta un descenso en el nivel del mar, relacionado a una nueva inestabilidad tectónica (Vait et al, 1977). Al finalizar el Coniaciano y hasta el Maestrichtiano se empiezan a tener episodios de levantamiento regional, originando importantes aportes de terrígenos en un relieve contrastante, teniendo aún depósitos calcáreos pero con una mayor influencia de materiales arcillosos-arenosos.

Toda la secuencia sedimentaria del Jurásico y Cretácico fue afectada por el proceso orogénico denominado Orogenia Laramide, formándose anticlinales, sinclinales y fallas inversas que en conjunto ocasionaron un levantamiento generalizado, por lo que, se pasó a un ambiente continental del Cretácico tardío al Cenozoico temprano,

#### **4.1.3 Cenozoico.**

Carrasco (1981), menciona una discordancia angular entre las secuencias jurásicas y cretácicas con el Terciario Indiferenciado, debido a que la secuencia jurásica y cretácica fue afectada por diferentes procesos como plegamiento, fallamiento y fracturamiento, por lo que se pasó de un ambiente de depósito marino a uno erosivo-acumulativo continental.

Los procesos endógenos originaron un relieve importante que ocasionó que el material antes depositado litificado y deformado, se erosionara, transportara y depositara en las partes inferiores de las elevaciones, dando origen a los depósitos denominados Terciario Indiferenciado.

La actividad magmática en esta área inició a mediados del Paleógeno, tanto con actividad interna (intrusivos) representada por el cuerpo intrusivo Yuni, como externa (derrames y piroclastos), representada en la Andesita Yucudaac y los materiales volcánicos denominados Terciario Indiferenciado. Los depósitos de aluvión se encuentran actualmente cubriendo las zonas más bajas y los valles presentes en la zona.

## 4.2 Terrenos Tectonoestratigráficos.

Un terreno tectonoestratigráfico es una entidad geológica que se caracteriza por tener una secuencia estratigráfica coherente, cuya continuidad deposicional y tectónica puede ser establecida. El conjunto litológico o secuencia estratigráfica distintiva que define al terreno, tiene una historia geológica diferente de la historia de terrenos vecinos o a el cratón más cercano.

Cuando la secuencia estratigráfica ha sido destruida por deformación intensa y/o metamorfismo, las litologías resultantes pueden definir un terreno.

Los límites de todos los terrenos, por definición, son fallas. Estos límites son discontinuidades mayores corticales; pueden ser horizontales o verticales y se reflejan en la estratigrafía o en la litología. Estas fallas pueden ser bien reconocidas o ser inferidas. Por lo general, un terreno tectonoestratigráfico presenta composiciones geoquímicas-isotópicas específicas y distintas de los terrenos/cratón adyacentes.

### 4.2.2 Terreno Mixteca

El área de estudio se encuentra dentro del Terreno Mixteca, el cual tiene límites tectónicos al suroeste de Tehuacán, Puebla, con el Complejo Oaxaqueño, y al sureste de Tierra Colorada, Guerrero, con el Complejo Xolapa. Los límites occidental y norte están oscurecidos por las cubiertas cretácica y cenozoica (Moran-Zenteno, 1987) (Figura 4.2).

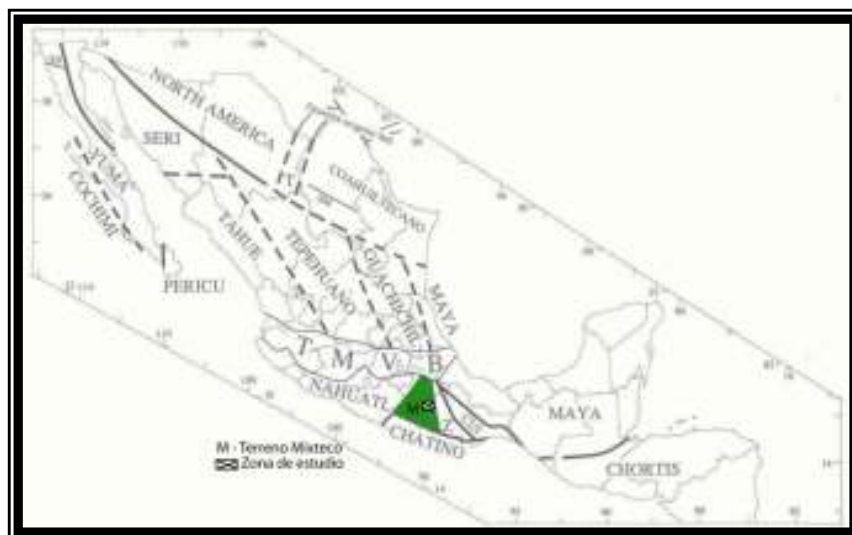


Figura 4.2. Terrenos tectonoestratigráficos de México (Tomada de Sedlock y Ortega, 1993).

El basamento metamórfico del terreno mixteca es el Complejo Acatlán, el cual está formado en términos generales por metasedimentos, esquistos, gneises, rocas verdes, metagranitos y cuerpos ofiolíticos metamorfizados. En el área de estudio aflora la Formación Cosoltepec.

Dependiendo de la unidad que corresponde al Complejo Acatlán, el grado de metamorfismo es variable, presentándose facies de esquistos verdes, eclogitas y anfibolitas (Ortega, 1978). De acuerdo a Ortega Gutierrez (1981b), el Complejo Acatlán posee características petrológicas y tectónicas que indican que se originó en el marco de un “Ciclo Orogénico Wilson”, según lo conciben Dewey y Burke (1974). Este tipo de ciclos, en síntesis, expresan la apertura y cierre de una cuenca oceánica.

El Terreno Mixteco está compuesto por rocas del Paleozoico hasta el Paleógeno Superior (Figura 4.3).

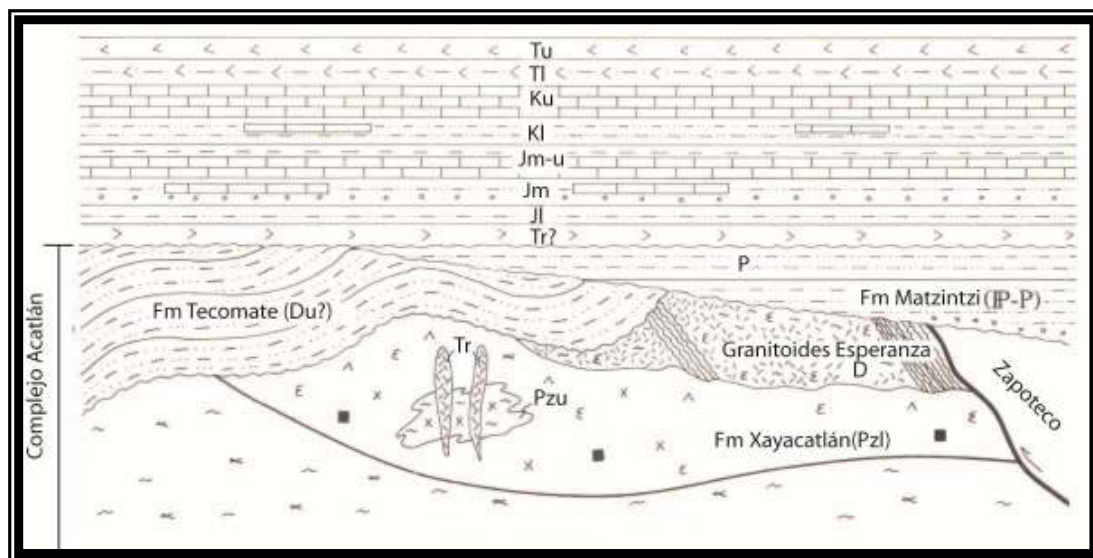


Figura 4.3.- Sección tectonoestratigráfica del terreno Mixteco. Tomada de Sedlock y Ortega (1993). Tr = Triásico, Jl = Jurásico Inferior, Jm = Jurásico Medio, Jm-u = Jurásico Medio y Superior, Kl = Cretácico Inferior, Ku = Cretácico Superior, Tl = Terciario Inferior,

Tu = Terciario Superior. Tomada de Sedlock y Ortega (1993).

Armstrong, en su trabajo de 1979, asignó una edad absoluta al complejo Acatlán de 380 M. a. basándose en la posición estratigráfica y datos radiométricos. Según Ortega-Gutierrez (1978) corresponde con una edad de Cámbrico-Devónico, mientras que Talavera Mendoza (2005)

reporta una edad del Devónico-Pennsylvaniano, basándose en la Formación Cosoltepec, la Migmatita Magdalena y la Formación Chazumba.

La Formación Los Arcos (Olinalá), del Pérmico, en el área de Olinalá, Guerrero, sobreyace discordantemente al Complejo Acatlán; la unidad está formada por una secuencia alternante de sedimentos terrígenos y calcáreos, lo que expresa un periodo de levantamiento acelerado y de intensa erosión ocurrido entre el Devónico y el Mississípico (Morán Zenteno, 1987).

Morán Zenteno (1987), considera, para el intervalo Pensilvánico-Pérmico, a gran parte del area del Terreno Mixteco ocurrió una plataforma marina de aguas cálidas y someras con comunicación al mar abierto. Al oeste de esta plataforma se encontraría una porción emergida en la que dominaba la sedimentación fluvial.

De acuerdo a Morán-Zenteno (1987) hay una discordancia angular entre las secuencias del Paleozoico y del Jurásico medio, lo que indica un prolongado periodo de emersión con regímenes tectónicos de compresión y tensión, y algunos episodios de volcanismo andesítico e ignimbrítico. Para el Hauterviano-Albiano se puede inferir la emersión de la mayor parte del Terreno Mixteco, con deformación tectónica en la porción norte y volcanismo andesítico en la porción central.

En la parte central del Terreno Mixteco se desarrolló a partir del Toarciano una depresión continental en la que ocurrió sedimentación fluvial, la que evolucionó gradualmente hacia una bahía marina comunicada con el Océano Pacífico.

A partir del Bajociano Inferior se reconoce el desarrollo de un complejo fluvial, sobre todo en la mitad oriental del Terreno Mixteco.

En el área de estudio ocurrió el depósito de la Formación Zorrilo-Taberna Indiferenciadas durante el Bajociano – Batoniano temprano. La litología de estas formaciones es de areniscas y lutitas con la presencia de cuerpos de carbón de hasta 1.5 m. de espesor.

El contenido de flora fósil es abundante, lo que indica una productividad orgánica alta en condiciones de circulación restringida, dando como resultado depósitos de horizontes de carbón. Estas formaciones se depositaron en ambientes fluviales, deltaicos, llanuras de inundación y pantanos, que se desarrollaron a partir de meandros abandonados, llanuras de inundación y en estuarios en una zona plana próxima a la línea de costa de ese tiempo.

La Formación Simón, depositada durante el Batoniano medio, representa ambientes depositacionales de playa y fluvial, en condiciones de una tectónica inestable en un proceso sin rift.

Para el Batoniano comenzó el depósito de la Formación Otatera; en ese tiempo la sedimentación empieza a tener mayor influencia de agua marina, lo que antecede a la transgresión marina del Jurásico Tardío. El depósito de la Formación Otatera ocurre en un ambiente nerítico asociado a una zona de playa.

La transgresión marina se generalizó a partir del Calloviano, formando una paleobahía con franca comunicación al mar abierto y probablemente conectada al Pacífico. Las inferencias paleobiogeográficas que refuerzan esta interpretación (Moran Zenteno, 1987) consideran una afinidad pacífica a la fauna de amonitas del Calloviano. El fondo de esta paleobahía experimentó un hundimiento acelerado, por el movimiento de fallas normales activas. Probablemente esta paleobahía tuvo una circulación restringida al mar abierto durante el Oxfordiano debida al desarrollo de un sistema de islas barrera.

Al final del Neocomiano ocurrió una emersión en el sector Petlalcino-Tlaxiaco, manifestada por la ausencia de unidades marinas del Barremiano-aptiano, y por la presencia de rocas volcánicas, que atestiguan vulcanismo en este tiempo.

En el área del Terreno Mixteca ocurre otra importante transgresión marina a partir del Albiano, lo que propicia el desarrollo de una plataforma calcárea en toda su extensión y hacia el área del Terreno Oaxaca, acumulándose carbonatos de plataforma de la Formación Tepozcolula.

Las condiciones de sedimentación calcárea perduraron en el occidente del terreno hasta el Coniaciano cuando se inicia el depósito de los terrígenos de la Formación Mexcala. En la franja oriental del Terreno mixteco la sedimentación calcárea persistió hasta el Maestrichtiano, pero con una mayor influencia arcillosa.

La escasez de secuencias que pudieran corresponder al Campaniano-Maestrichtiano, hacia la porción centromeridional del Terreno Mixteco, y las variaciones cronológicas que presenta la Formación Mexcala a lo largo del Alto Río Balsas, sugieren una retirada de los mares hacia el noreste para la parte alta del Cretácico (Moran Zenteno, 1987).

De acuerdo a Morán-Zenteno (2005), los avances recientes en el conocimiento de la estructura y la estratigrafía cenozoica del sur de México, revelan una evolución caracterizada por eventos de deformación orogénica iniciados en el Cretácico Tardío, seguidos por episodios de truncamiento de la margen continental y extinción gradual del magmatismo de arco en la Sierra Madre del Sur, antes del desarrollo de la Faja Volcánica Transmexicana.

Las unidades jurásicas y cretácicas fueron afectadas por plegamiento, fallamiento y fracturamiento, por lo que se pasó de un ambiente de depósito a uno erosivo-fuente, lo que dio como consecuencia que el material antes depositado se erosionará, transportará y depositará en las partes inferiores al pie de las elevaciones, dando origen a los depósitos denominados Terciario Indiferenciado clástico.

La actividad magmática en el área de estudio inició a mediados del Paleógeno, hubo tanto actividad interna representada por el cuerpo intrusivo Yuni, como externa, representada en la Andesita Yucudaac y los materiales volcánicos denominados Terciario Indiferenciado.

***CAPITULO 5***  
***CONCLUSIONES Y***  
***RECOMENDACIONES***





## 6.1 Conclusiones.

1. La columna estratigráfica representativa de la zona de estudio esta constituida por rocas del Paleozoico (Complejo Acatlán); del Jurásico Medio (Conglomerado Numí, Grupo Tecocoyunca: Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, Formación Simón, Formación Otatera, Formación Yucuñuti), del Jurásico Superior (Caliza con Cidarís), del Cretácico (Formación Teposcolula) y del Paleógeno-Neógeno (Conglomerado Allende, Andesita Yucudaac, Terciario Indiferenciado, Rocas Intrusivas Yuni).
2. Se midió una columna estratigráfica local con un espesor total de 760m, en las proximidades del Río Numí en Tlaxiaco, Oaxaca; que corresponde a las formaciones jurásicas: Conglomerado Numí, Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y Simón, pertenecientes al Grupo Tecocoyunca.
3. La unidad basal de la secuencia jurásica en esta zona, se reportaba como Conglomerado Cualac, el cual está constituido por clastos redondeados de cuarzo en su mayoría. Sin embargo, en el presente estudio se clasifica como un conglomerado polimítico compuesto por clastos subangulosos-angulosos predominado fragmentos de gneiss, esquistos y en menor cantidad de cuarzo. Por lo que se propone como una nueva unidad estratigráfica de nombre “Conglomerado Numí” cuya localidad tipo son los afloramientos que se encuentran en los márgenes del Río Numí, en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca.
4. La Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas está constituida por areniscas que van de litarenitas a grauvacas, con intercalaciones de lutitas y cuerpos lenticulares de carbón de hasta 1.5 m de espesor; se presenta en estratos tabulares de reducida extensión por lo que se acuñan; también se observan estructuras de rellenos de canal y marcas de carga.
5. La formación Simón presenta intercalaciones de areniscas, variando de grauvacas y litarenitas intercaladas con lutitas, con estructuras estratificación cruzada y marcas de carga. Se deposito en un ambiente de llanura de inundación.

6. Las principales fuentes de aportes de material para la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, son rocas del Complejo Acatlán, además de fragmentos erosionados del Conglomerado Numí y de base de la misma unidad, acumuladas en zonas de mayor relieve.
7. Al realizar análisis de la falla normal con componente lateral derecha se concluye que la secuencia del Jurásico-Cenozoico fue afectada por dos eventos de deformación: el primero produjo la formación de pliegues y fracturas; posteriormente en la segunda fase de deformación, se desarrollaron fallas con orientación NW-SE; en esta fase hubo desarrollo de fracturamiento.
8. El ambiente de depósito del Conglomerado Numí es de un abanico aluvial con flujos de escombros en zonas de alta pendiente. Esto fue originado en la etapa temprana de la formación de un graben asociado a la apertura del golfo de México en el Triásico-Jurásico Medio.
9. La parte basal de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas fue depositada en un ambiente fluvial meandrónico, mientras que la parte superior se depositó en un ambiente de una llanura deltaica en su parte proximal, con presencia de zonas pantanosas ocasionales, que dieron origen a los depósitos de carbón.
10. En la parte final del Jurásico Medio y en el Jurásico Superior ocurrió un proceso de transgresión a gran escala; esto debido a un proceso de subsidencia continua, la cual está relacionada con fallas normales activas en una cuenca de tipo sin-rift, asociada con la apertura del paleo-Golfo de México.
11. El registro fósil encontrado en la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas es abundante; los fósiles encontrados pertenecen a plantas, principalmente Bennettiales con géneros como Zamites y Otozamites, además de helechos, equisetos, ginkgos, semillas y posibles angiospermas.

12. De acuerdo al análisis de los fósiles encontrados en la parte superior de la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, por medio del área foliar de éstos, se interpreta un clima semicálido-subhúmedo, que evoluciona a cálido húmedo (tropical) a partir de donde se tiene la mayor abundancia de carbón.

## **6.2 Recomendaciones**

1. Continuar con la cartografía detallada de la zona, para tener una mejor delimitación de las unidades estratigráficas que afloran.
2. Realizar un estudio económico del carbón contenido en la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, para evaluar su posible explotación comercial.

## Bibliografía

- Alencaster, G., 1963. “Pelecípodos del jurásico del noreste de Oaxaca y noroeste de Guerrero”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana No. 15, 52 p.
- Allen, P.A., Allen, J.R., 2005. “Basin Analysis: Principles and Applications”. Blackwell Publishing, 549 p.
- Arche, A., 1992 “Sedimentología vol. I”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid, 103 p.
- Arkell, W. J., 1956. “Jurassic Geology of the World”. Oliver and Boyd (Edinburgh).
- Buitron, B. E., 1970. “Equinoides del jurásico superior y del cretácico inferior de Tlaxiaco, Oaxaca”. Sociedad Geológica Mexicana, Excursión México-Oaxaca, Libro-Guía, p. 154-163.
- Buitrón, B. E., 1981. “Gasterópodos del Cretácico Temprano de México occidental y sus implicaciones paleobiográficas”. Porto Alegre, Brasil, II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Anais, p. 343-357.
- Burkhardt, C., 1927. “Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero”: Instituto de Geología, México, Boletín 47, 106 p.
- Burkhardt, C., 1930. “Etude synthetique sur le Mesozoique Mexicain”: Soc. Paleont. Suisse, Mem. 49-50, 289 p.
- Caballero-Miranda, C., 1990. ”Geología y anisotropía magnética del Jurásico continental del area de Huajuapán de León-Petlalingo, estados de Oaxaca y Puebla”. Tesis de maestría, UNAM, Facultad de Ciencias, 142 p.
- Calderón-García, A., 1956. “Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla: México, D.F., Congreso Geológico Internacional, no. 20, Excursión A-11, p. 9-33.
- Cantú-Chapa, A., 1998 “Las transgresiones Jurásicas en México”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Sociedad Geológica Mexicana, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 15, no. 1, p. 25-37.
- Carrasco-Ramírez, R.S., 1981, Geología Jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 105 p.
- Carrasco-Ramírez, R.S., 1999, Bioestratigrafía de amonitas (Cephalopoda–Ammonoidea) del Bajociano y Caloviano de una porción de la región Mixteca de

- Oaxaca: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Geología, Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis doctoral, 91 p.
- Carrasco Ramírez, R. S., 2003. “Los ammonites del Caloviano de la región Mixteca, Oaxaca, México” Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo LVI, núm. 1, 2003, p. 42-55
  - Corona Esquivel, R. J. J., 1981. “Estratigrafía de la región de Olinalá- Tecocoyunca, Noreste del Estado de Guerrero”. Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. Geología, Revista, vol. 5, num. 1, p. 17-24.
  - Dávalos Álvarez, O. G., 2006 “Evolución Tectónica Cenozoica en la porción Norte de la Falla de Oaxaca”. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, Juriquilla, Querétaro. Tesis de maestría. p. 17.
  - Einsele, G., 2000. “Sedimentology Basins: Evolution Facies and Sediment Budget”. Springer, 792 p.
  - Erben, H. K., 1956a. “El jurásico inferior de México y sus amonitas”. Congreso Geológico Internacional, 20 a Ses., México, 1956, 393 p.
  - Erben, H. K., 1956b. “El jurásico medio y el Calloviano de México”. Congreso Geológico Internacional, 20 a Ses., México, 1956, 140 p.
  - Félix, J., 1891, Versteinerungen aus der Mexikanischen Jura und Kreide Formation: Palaeontographica, 37, 140-194.
  - Félix, J. y Lenk, H., 1899. “Beitrage Zur Geologie und Palaontologie der Republik Mexiko”: Stuttgart, Schweizerbart, Palaentographica, v. 37, pt. I (1890), 114 p; pt II (1899), p-39-54.
  - Ferrusquía-Villafranca, I., 1970. “Geología del área de Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca”. Sociedad Geológica Mexicana, excursión México-Oaxaca, libro guía, p. 97 – 119.
  - Fielding, C. R., 1987. “Coal, depositional models for deltaic and alluvial plain sequences.” Geology, 15: 661-664.
  - Fries, C., 1960. “Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México”: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 60, 236 p.
  - Galina-Hidalgo, S. M., 1996. “Geocronología y Paleomagnetismo de rocas intrusivas y volcánicas del área de Huajuapán de León, Oaxaca”. Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 112 p.

- Galloway, W.E., 1975. "Process Framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional" Houston Geological Society M.L. Broussard.
- González Torres, E. A., 1989 "Geología y Paleomagnetismo del área de Tezoatlán, Oaxaca". Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis de Licenciatura. 188 p.
- Guzmán, E. J., 1950. "Geología del Noreste de Guerrero": Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. II, número. 2, p. 95-156.
- Jiménez-Rentería, J., 2004, "Estudio palinoestratigráfico de los grupos Consuelo y Tecocoyunca (Triásico – Jurásico) en la Barranca Rosario Nuevo, región de Tezoatlán, al noroeste del Estado de Oaxaca": Tesis de Licenciatura,. Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional Autónoma de México, México, 376 p.
- López Ramos, E. 1983. "Geología de México". Tomo III, 3era Edición, p. 72-106.
- López-Ticha, D., 1969. "Evaluación petrolífera de la Cuenca de Tlaxiaco, Estado de Oaxaca. Seminario sobre exploración petrolera, mesa redonda #6". Problemas de exploración en áreas posiblemente petrolíferas de la Republica Mexicana, Instituto Mexicano del Petróleo. p. 1-28
- López-Ticha, D., 1985. "Revisión de la estratigrafía y potencial petrolero de la cuenca de Tlaxiaco". Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 37, p. 49-92.
- Meneses Rocha, J. J., et al., 1994. "Bosquejo paleogeográfico y tectónico del sur de México durante el Mesozoico" Boletín de Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. XLIV, no. 2, p. 18-45.
- Miall, A. D., 1977. "A review of the braided river depositional environment". Earth Science. Rev. 13, pp. 1-62.
- Morán Zenteno, D. J., 1987. "Paleogeografía y paleomagnetismo precenozoicos del Terreno Mixteco". Tesis de maestría, UNAM, Facultad de Ciencias, 177 p.
- Morán Zenteno *et al*, 1988. "Paleomagnetismo de rocas jurásicas del norte de Oaxaca y sus implicaciones tectónicas" Geofísica Internacional, pp 486-518.
- Moran Zenteno, D. J. et al, 1993. "Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico" Geofísica Internacional, vol. 32, núm. 3, pp. 453-473.
- Morán Zenteno, D.J. et al., 2005. "[La evolución tectónica y magmática cenozoica del suroeste de México: avances y problemas de interpretación](#)". Temas Selectos de la

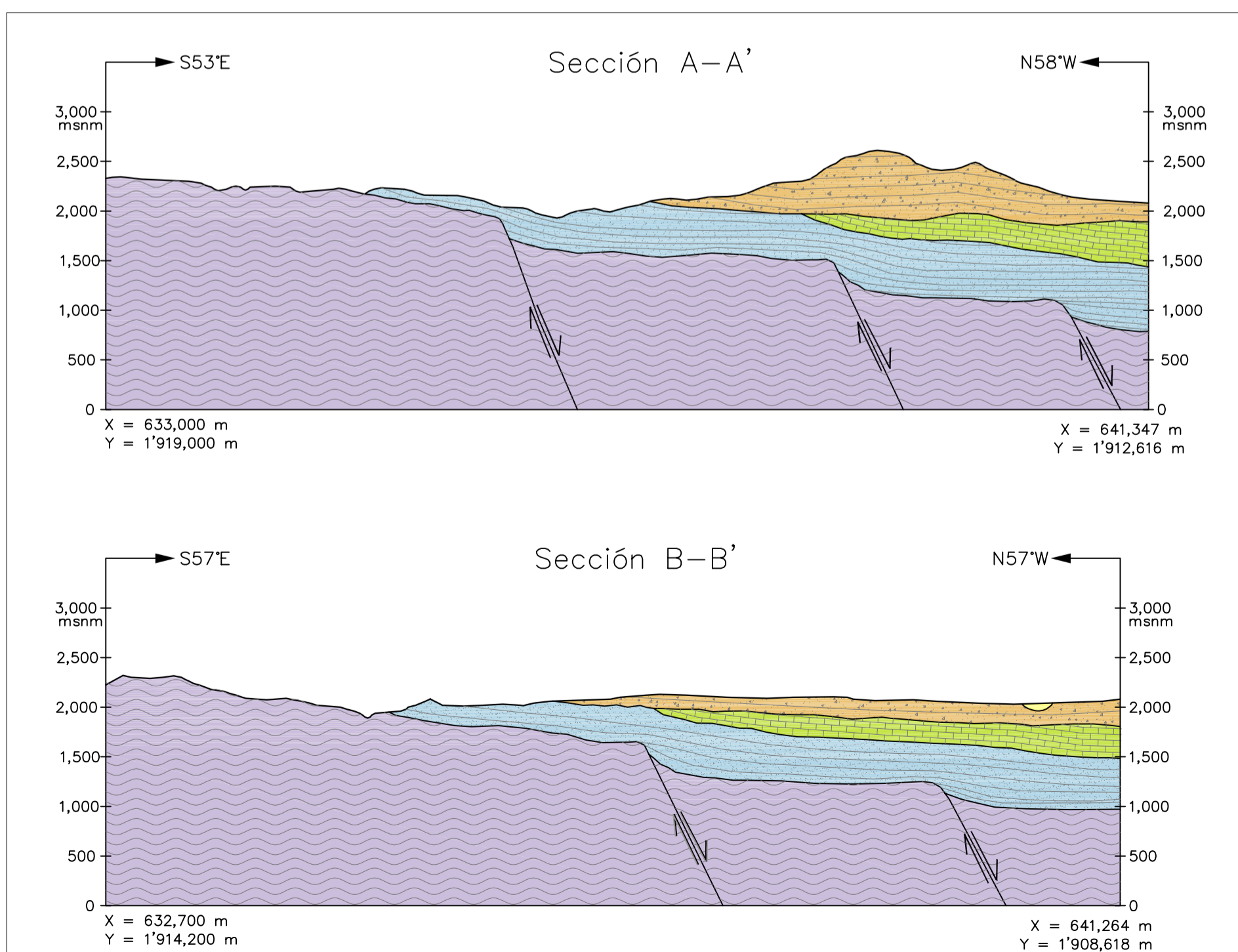
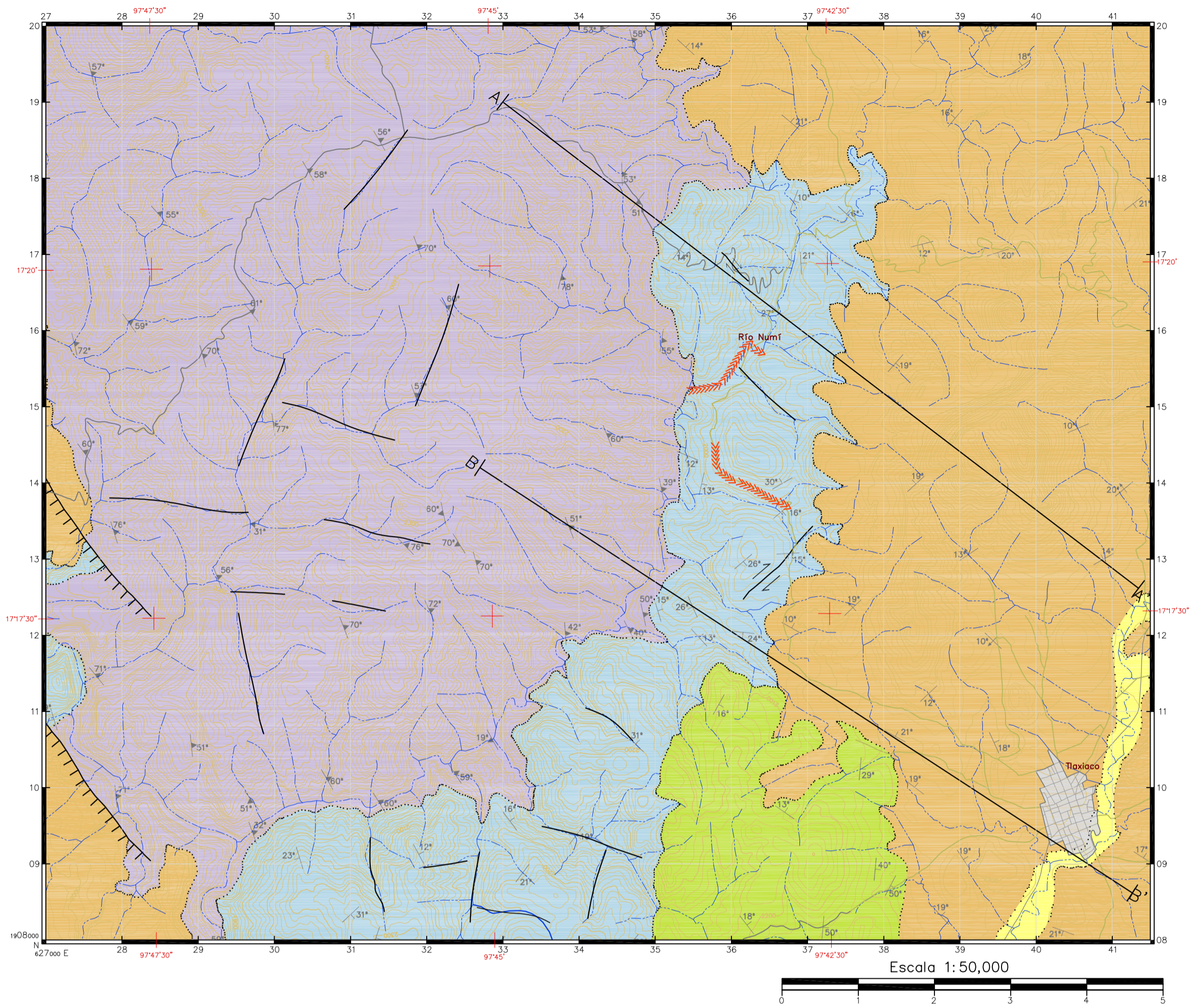
- Geología Mexicana, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen conmemorativo del primer Centenario, Temas Selectos de la Geología Mexicana, **57**, 3, pp 227-285.
- Ortega Gutierrez, F., 1978. "Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estado de Puebla y Oaxaca". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista, Volumen 2, Número 2. p. 112-131
  - Ortega-Gutiérrez, F., 1981, Metamorphic belts of southern México and their tectonic significance: *Geofísica Internacional*, v. 20, no. 3, p. 177-202.
  - Ortega-Guerrero, B., 1989. "Paleomagnetismo y geología de las unidades clásticas mesozoicas del área de Totoltepec-Ixcaquixtla, Estados de Puebla y Oaxaca". Tesis de maestría no publicada, UNAM, Facultad de Ciencias.
  - Pérez Ibarguengoitia, et al. 1965. "Reconocimiento geológico del área Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio de Acatlán, Estado de Puebla". *Estratigrafía y Paleontología del jurásico superior del estado de Puebla*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Paleontología Mexicana* # 21, p. 1-22.
  - Person, CH. P., 1976. "The middle Jurassic flora of Oaxaca, México". Universidad de Texas Austin, Ph. D. Diss., xxvii+145 p.
  - Ruiz-Castellano, M., 1970. "Reconocimiento geológico del área de Mariscal-Amatitlán, Estado de Oaxaca". *Sociedad Geológica Mexicana, Exc. México-Oaxaca*, libro-guía, p. 55-66.
  - Salas, G. P., 1949. "Bosquejo geológico de la Cuenca Sedimentaria de Oaxaca". *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Boletín vol. I*, p. 79-156.
  - Sandoval, J., y Westermann, G. E. G., 1987. "The Bajocian (Jurassic) ammonite fauna of Oaxaca, Mexico.", *Journal of Paleontology*, v. 60, p. 1220 – 1271.
  - Santa María-Díaz, A., 2003 "Cartografía geológica de la región de Tamazulapam, Nochistlán, Chalcatongo, Yosundua, en el sur de México". Universidad Tecnológica de la Mixteca, Instituto de Minería, 34 p.
  - Schlaepfer, C.J., 1970. "Geología Terciaria del área de Yanhuatlán-Nochistlán, Estado de Oaxaca". *Sociedad Geología Mexicana, Exc. México Oaxaca*, libro-guía, p. 85-96.
  - Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez F., Speed R. C., 1993, Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: *Geological Society of American Special Paper*, vol. 278, 153 p.
  - Selley, R.C., 1970. "Ancient sedimentary environments". Chapman and Hall, 237 p.

- Silva Pineda, A. 1970. “Plantas fósiles del jurásico superior de la región de Tezoatl’sn, Estado de Oaxaca”. Sociedad Geológica Mexicana, excursión México-Oaxaca, libro-guía, p. 129-153.
- Stach, E. et al., 1975. “Coal Petrology”. Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 428 p.
- Talavera Mendoza, O., 2005. “U–Pb geochronology of the Acatla’n Complex and implications for the Paleozoic paleogeography and tectonic evolution of southern Mexico”. Earth and Planetary Science Letters 235 (2005) 682 – 699.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M., and Thompson, S., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, pt. 4 - global cycles of relative change of sea level: American Association of Petroleum Geologists Memoria, vol. 26, p. 83-97.
- Westermann, G.E.G., Corona, R., Carrasco, R., 1984, The andean Mid- Jurassic *Neuquenicer* ammonite assemblage of Cualac, México, *en* Westermann, G.E.G. (ed.), Jurassic–Cretaceous biochronology and palaeogeography of North America: Geological Association of Canada, Special Paper, 27, 99-112.
- Wieland, G. R., 1914. “La flora Liásica de la Mixteca Alta”. Instituto de Geología México, Boletín 31, 162 p.
- Wilson, J. A. y Clabaugh, S. E., 1970. “A new Miocene formation and description of volcanic Rocks, northern valley of Oaxaca”. Sociedad Geológica Mexicana, Excursión México-Oaxaca, libro-guía, p. 120-128.
- Yañez, P. et al, 1991. “Isotopic Studies of Acatlan complex, southern Mexico: Implications for Paleozoic North American Tectonics”. Geo. Soc. Am. Bull., 103. pp. 817-828.

#### Referencias electrónicas

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1989, 2010. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Instituto Nacional de Ecología, 2006,2011. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Oaxaca, 2009. [www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx)





- Simbología**
- Cuaternario
  - Paleógeno
  - Cretácico (Albiano–Cenomaniano)
  - Jurásico (Medio–Superior)
  - Paleozoico
- Elementos estructurales**
- Rumbo y echado
  - Foliación
  - Falla lateral
  - Falla normal
  - Línea de sección
  - Fractura
- Símbolos topográficos**
- Corriente perenne
  - Corriente intermitente
  - Poblado
  - Curva de nivel
  - Medición de columna estratigráfica.
  - Vía de comunicación.

Mapa Geológico del área de Tlaxiaco, Oaxaca.  
 Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de ingeniería.  
 Autores:  
 Ruiz González Francisco Jesús.  
 Corro Ortiz Marcos German.  
 Yussim Guarneros Sergio.

Figura 2.1. Mapa Geológico del área de Tlaxiaco, Oaxaca.