

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 esquistos 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 esquistos calcáreos 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 esquistos 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 gneises, 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 oligomictico 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 esquisto, 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 esta 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 Zorrillo 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 Tecamazuchil, 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 causes 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 Cahuás. Pérez-Ibarguengoitia (1965) la correlaciona con la Formación Tecamazúchil 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 Tecamazúchil. Además, Pérez-Ibarguengoitia (1965) la correlaciona con la Formación Tecamazúchil 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 descansan 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 benetiales, 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 bennettiales 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 oscura, 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-batonienne temprana y subyace concordantemente a la Formación Otatera, cuya edad es probablemente batonienne 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 feldespato posiblemente alcalino 2%. La matriz está constituida principalmente por calcita espática. Debido a la mineralogía presente se sugiere una fuente de origen sedimentaria probablemente constituida por subarcosas con la presencia de rocas volcánicas tobaceas. En los afloramientos que se encuentran en las proximidades de Tlaxiaco, Oaxaca, se tiene 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 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 acuñaarse, esto se puede observar en la región sur del área de estudio, acuñaamiento 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 Tecmazuchil 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.

-Biomicrota: 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 *Xenocephalites* 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 *Cidaritis*

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 *Cidaritis*, que corresponde a una edad del Oxfordiano.

Carrasco (1981) la describió como una secuencia de biomicrocristal arcillosa y biointramicrita 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 rellenas 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 espatica 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, estimo 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-Ibagueoitia (1965) estimó un espesor de 400 m, aunque se tiene un espesor de más 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 gujarros 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 gujarros 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 afaníticas.

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 Mariscala, 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 líticas 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 intrusiona 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

fuelle 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 retrabajados 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°E /37°SW, y N44°E /E-W. La falla normal con componente lateral derecha analizada tiene una orientación de N14°W /46°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.

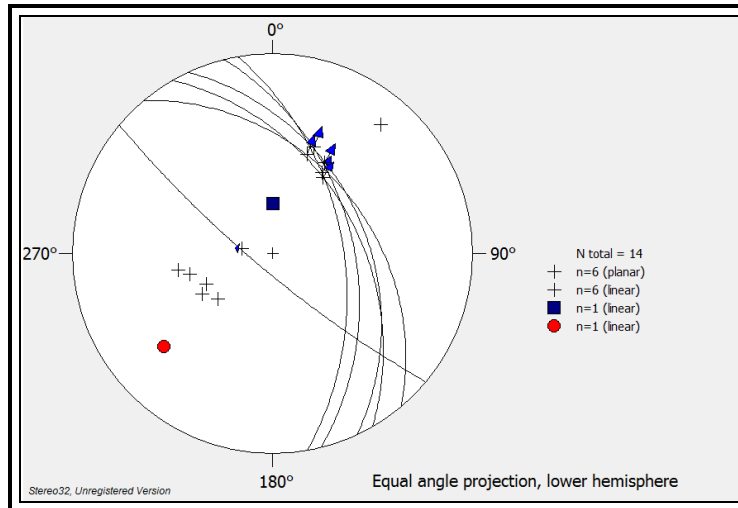


Fig. 2.13 Diagrama estereográfico de planos y estrías de falla, de la carretera hacia el poblado de Independencia, Oaxaca.

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.