

4 GEOLOGIA REGIONAL DEL ESTADO DE MORELOS

Geológicamente el Estado de Morelos está representado básicamente por dos cuerpos litoestratigráficos totalmente diferentes, uno de carácter marino-continental (la Plataforma Morelos-Guerrero) y el otro de tipo ígneo extrusivo (el Eje Neovolcánico Transmexicano), (Figura 4).

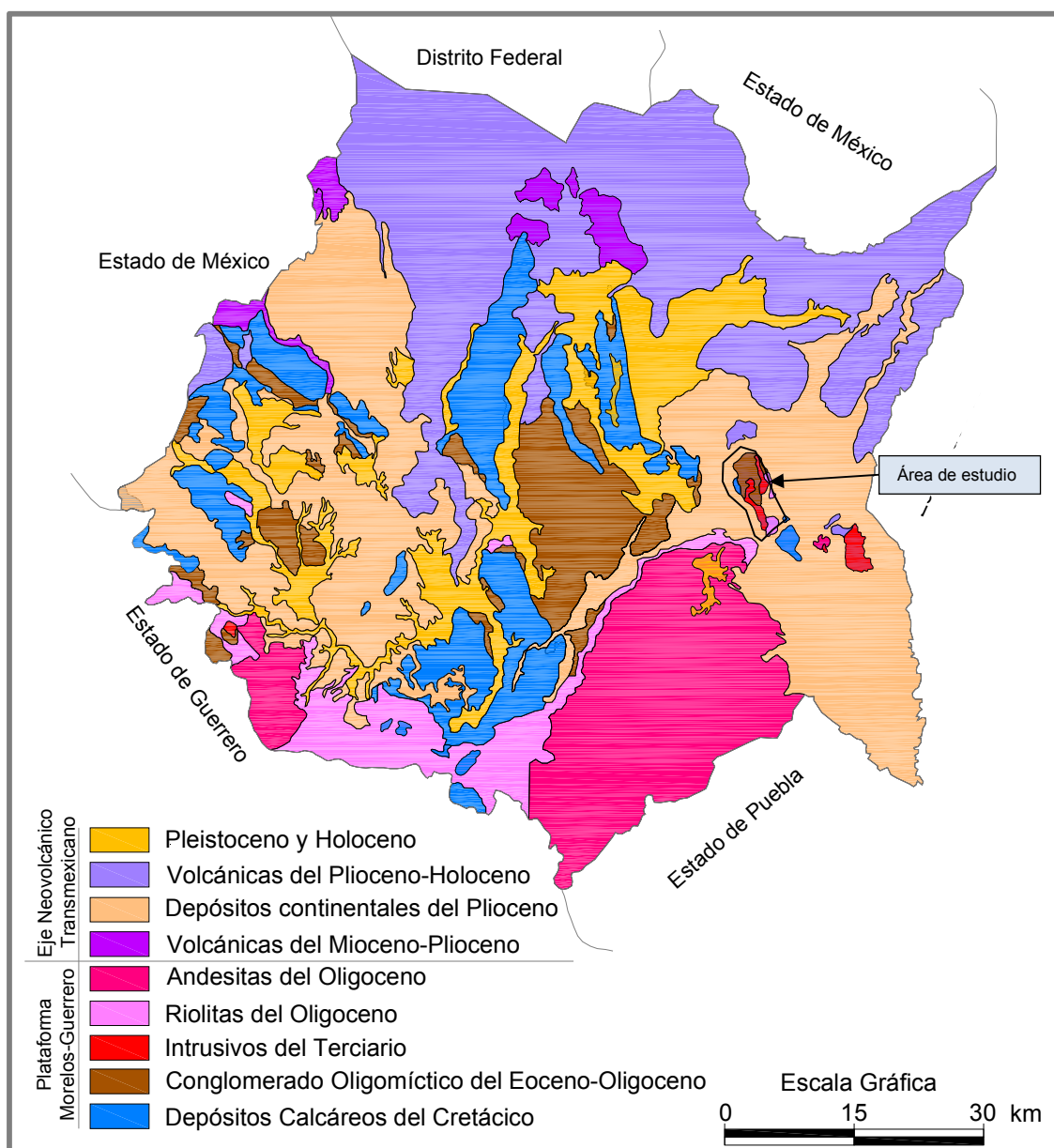


Figura 4. Plano geológico del Estado de Morelos, mostrando los diferentes grupos de rocas que se encuentran en la entidad, señalando también el área de estudio.

A continuación se describen ambos cuerpos litoestratigráficos, subdivididos por sus correspondientes grupos y unidades geológicas, ordenados desde el más antiguo al más reciente, correspondientes solamente al Estado de Morelos (Figura 5).

4.1 Plataforma Morelos-Guerrero

La Plataforma Morelos-Guerrero está formada por depósitos marinos esencialmente carbonatados del Cretácico con una cobertura continental del Terciario. La secuencia de rocas carbonatadas que constituyen la plataforma a partir del Albiano son las formaciones Xochicalco, Morelos, Cuautla y Mexcala además de una extensa cubierta continental, las cuales se describen a continuación.

4.1.1 Depósitos Calcáreos del Cretácico

Formación Xochicalco (Kix)

Esta formación consiste de paquetes de calizas con espesores variables, planos de estratificación bien definidos y lentes de pedernal intercalados en la parte superior de la formación, (Fries, 1960), proponiendo un espesor mínimo para esta unidad de 500m y una edad del Barremiano - Aptiano. Por otra parte Ruiz-Violante y Basáñez-Loyola (1994) asignan una edad del Albiano-Cenomaniano a la Fm. Xochicalco, al realizar estudios sobre los límites de la Plataforma Morelos-Guerrero, encontrando una interdigitación entre las formaciones Morelos y Xochicalco. La base de esta formación no aflora en el Estado de Morelos, pero el contacto inferior se conoce únicamente al noreste de Acuitlapán, Guerrero, cubriendo a la Fm. Acuitlapán (arenisca, limolita y lutita calcárea del Neocomiano de 145-125 Ma.), (Fries,1960).

Formación Morelos (Kim)

Esta formación está compuesta por una interestratificación de capas de caliza y caliza dolomítica, con lentes y nódulos de pedernal y fragmentos de fósiles silicificados formados por montículos arrecifales y biostromas discontinuos de rudistas en calizas micríticas, (Fries, 1960).

Geología regional del Estado de Morelos

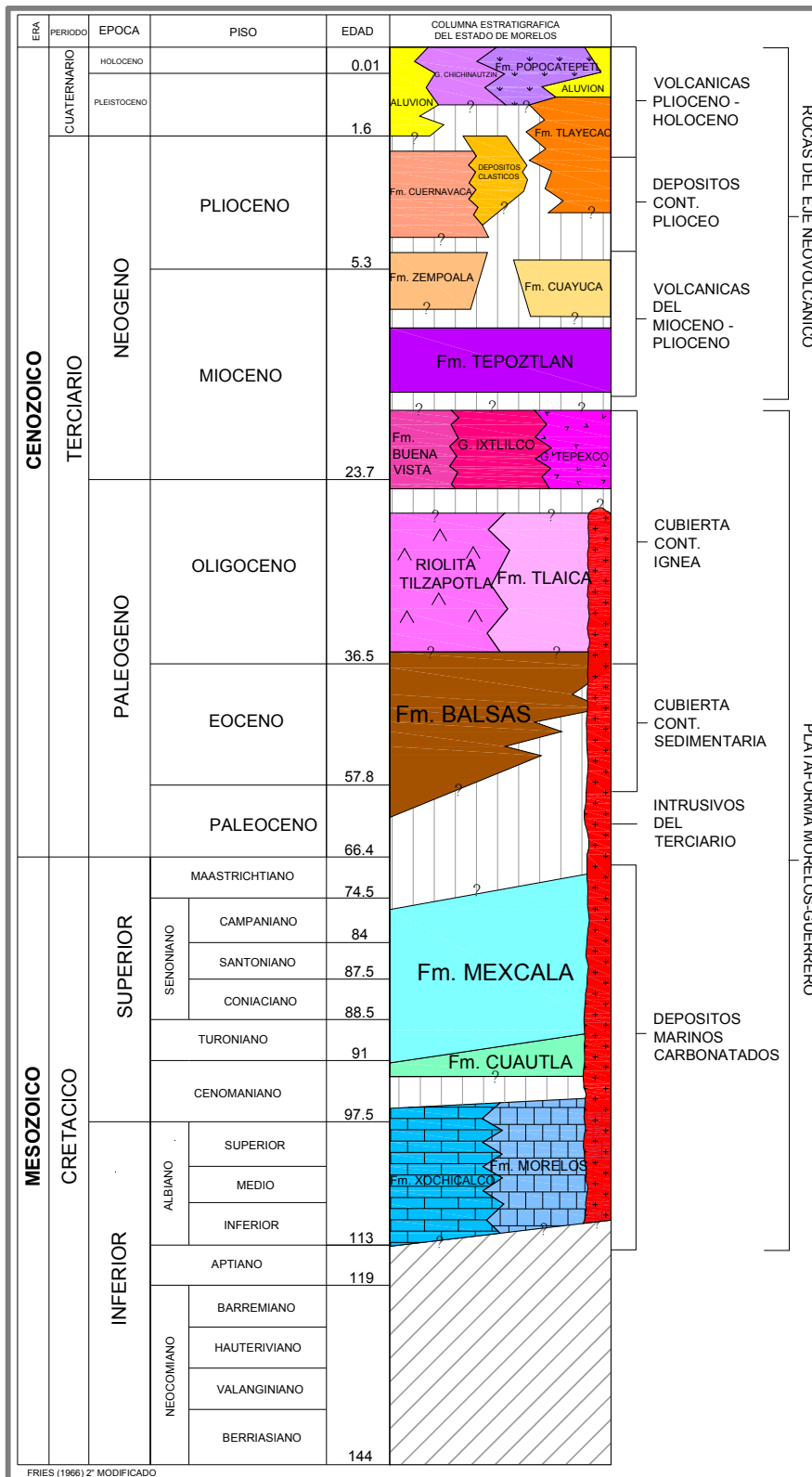


Figura 5. Columna estratigráfica del Estado de Morelos. Modificado de CRM ahora SGM, Monografía Geológico-Minera del Estado de Morelos (2000), Tabla de Correlación Estratigráfica.

Localmente, la caliza está formada en gran proporción por miliólidos. En cuanto a las dolomías, estas no presentan fósiles reconocibles. El espesor de esta formación es variable debido que fue depositada sobre una superficie irregular, excediendo aparentemente los 900m (Fries, 1960), en la parte central del estado de Morelos.

Sabanero-Sosa (1990) asigna edades variables que van desde el Aptiano-Albiano medio en la porción occidental y hacia el oriente va desde el Cenomaniano superior hasta el Turoniano inferior. Sin embargo Bonet (1971), señala que la fauna reportada por Fries (1960), solo *Acteonella*, *Toucasia* y *Nerinea* son índices del Albiano. El contacto inferior con el complejo Acatlán está expuesto solo en el Estado de Morelos. En cuanto al contacto superior, este es discordante con la Fm. Cuautla (Fries, 1960).

Formación Cuautla (Ksc)

Esta formación está compuesta por un conglomerado basal y tres facies calcáreas que pasan gradualmente de una a otra en sentido lateral, que sugieren ambientes de depósito diferentes, (Fries, 1960). La primera de ellas formada por capas gruesas de calizas de estratificación media a gruesa (depósito de plataforma carbonatada); la segunda es una secuencia media de capas de caliza laminada de estratificación delgada a mediana (depósito de cuenca carbonatada); y la tercera está compuesta por capas delgadas de caliza clástica de estratificación delgada a mediana (cuenca carbonatada próxima a la línea de costa). Los espesores de esta formación son variados y van desde pocos metros hasta exceder los 750 m.

De Cserna, (1965) encuentra rudistas *Durania cornopstoris* Parona (fósil índice del Turoniano) y asigna edades para esta formación que van del Cenomaniano tardío-Turoniano. La Fm. Cuautla se presenta de manera discordante sobre la Fm. Morelos presentando ambas formaciones similitudes estratigráficas, estructurales y texturales. La Fm. Cuautla se puede diferenciar

debido a la escases de dolomías, (Fries, 1960). Su contacto superior es concordante y transicional a la Fm. Mexcala.

Formación Mexcala (Ksm)

Esta formación está compuesta por capas interestratificadas de arenisca, limolita y lutitas, calcáreas con lentes de calizas clásticas. La parte basal está compuesta por capas de calcarenitas, y encima de estas están depositadas capas intercaladas de lutitas y limolitas calcáreas seguidas de areniscas y conglomerados finos. En la parte superior se encuentran capas de conglomerados calcáreos. Presenta una deformación debida a procesos tectónicos regionales, formando pliegues y abundantes fallas inversas. Fries (1960) estima un espesor aproximado de entre 1220 a 1290m, proponiendo una edad del Cenomaniano tardío-Coniaciano a partir del reconocimiento del fósil índice *Clarihedbergella moremani*, posteriormente De Cserna y Fries (1981) determinaron que la depositación continuó hasta el Maastrichtiano. Esta formación sobreyace de forma concordante a la Fm. Cautla, (Fries, 1960) y se encuentra en contacto discordante con la Fm. Balsas, Sabanero-Sosa (1990).

4.1.2 Cobertura Terciaria de la Plataforma Morelos-Guerrero

En el Estado de Morelos existe una amplia cobertura de depósitos continentales de origen sedimentario y volcánico que cubren a las formaciones de la Plataforma Morelos-Guerrero. Estos depósitos se pueden dividir en Terciario Continental y Terciario Volcánico.

4.1.2.1 Terciario Continental (Conglomerado Oligomíctico del Eoceno-Oligoceno)

Formación Balsas (Teob)

Esta formación está compuesta por una secuencia de conglomerados con clastos de calizas, rocas volcánicas, con interestratificaciones de areniscas, lutitas, limolitas, brechas tobaceas y derrames volcánicos, (Fries, 1960; De Cserna, 1965). La gran variedad litológica hace difícil la determinación de un espesor real,

pero se estima entre los 300-500 m; de la misma manera, la edad de esta formación es variable y difícil de determinar sin un fósil índice en ella, sin embargo, su relación estratigráfica puede ser correlacionada con los conglomerados rojos de Guanajuato, asignando una edad del Eoceno tardío al Oligoceno temprano, (Fries, 1966). Mientras que en Tierra Caliente, Gro., se le asigna una edad que va desde el Campaniano/ Maastrichtiano al Eoceno (De Cserna, 1982), en la parte oriental del Estado de Morelos se le considera del Paleoceno– Oligoceno o del Eoceno– Oligoceno (Salinas- Prieto, 1986). Morán-Zenteno (2005), determina una edad del Oligoceno temprano por encontrar ignimbritas intercaladas fechadas por el método K-Ar en sanidinas con una edad de 35.2 ± 0.4 , relacionadas a la caldera de Tilzapotla. La Fm. Balsas se encuentra sobreyaciendo a las secuencias calcáreas de la Plataforma Morelos-Guerrero y subyace discordantemente al resto de los depósitos continentales de la región.

4.1.2.2 Terciario Volcánico (Rocas volcánicas de la Sierra Madre del Sur).

Las rocas de origen ígneo continental encontradas en la plataforma Guerrero-Morelos, pertenecientes a la Sierra Madre del Sur, se pueden subdividir en riolitas, intrusivos y andesitas del Oligoceno, las cuales se describen a continuación.

4.1.2.2.1 Riolitas del Oligoceno

Riolita Tilzapotla (Tot)

Esta formación se encuentra constituida por depósitos de ignimbritas, flujos de lava y brechas tobáceas riolíticas, (Fries, 1960), con un espesor máximo encontrado en la localidad tipo de 250 m. Por el método K-Ar en biotita se dataron estas rocas volcánicas, y se obtuvieron resultados de una edad de 34.3 ± 1.5 Ma correspondiente al Oligoceno medio, (Morán-Zenteno, 2007). Estas rocas volcánicas se encuentran depositadas de forma concordante sobre la Fm. Balsas y sobre esta yace de forma discordante, por erosión, a la Fm. Buenavista.

Formación Tlayca (Totl)

Esta formación está compuesta por una secuencia de rocas volcánicas constituidas por ignimbritas, flujos de lava y brechas volcánicas de composición riolítica, que se encuentran en la localidad del mismo nombre. Esta formación es similar a la Riolita Tilzapotla en composición y edad; pero Fries (1966) las separa en base a la zona en la que se encuentran aflorando, Riolita Tilzapotla al oeste y la Fm. Tlayca al este del Estado de Morelos, con un espesor aproximado en la localidad tipo de 200 m y asignándole una edad del Oligoceno tardío por extrapolación con la Riolita Tilzapotla. Estratigráficamente esta formación se depositó sobre la Fm. Balsas de manera concordante, sin presentar alguna otra unidad sobreyaciéndola en la localidad tipo.

4.1.2.2 Intrusivos del Terciario

Rocas Ígneas Intrusivas (Igi)

En la zona norte del estado de Morelos se encuentran los cuerpos intrusivos más antiguos que corresponden a diques máficos que cortan a las Formaciones Morelos y Cuautla, con una edad probable del Cretácico superior al Terciario inferior. Al suroeste del estado, se encuentra un cuerpo intrusivo que incluye más de un tipo de rocas intrusivas, todas de composición intermedia, produciendo una fuerte silicificación en las rocas carbonatadas encajonantes, (Fries, 1960). En la zona oriente del Estado, se halla el cuello volcánico de Chalcatzingo (dacita porfídica), del Mioceno inferior, que intrusióna al Grupo Tepexco.

Otro cuerpo intrusivo es la Diorita Jalostoc, formada por cuerpos irregulares de edad del Oligoceno inferior – superior, que intrusióna a las formaciones Morelos y Cuautla y a los conglomerados calcáreos de la Fm. Balsas y parte de la Fm. Tlayca, produciendo una zona de skarn de granate, en la localidad de Tlayca y Tlayecac, (Grajales-Nishimura y Sánchez - Hernández, 1979).

4.1.2.3 Andesitas del Oligoceno

Formación Buenavista (Tob)

Esta formación está compuesta por una secuencia volcánica formada por capas de basaltos, andesitas, dacitas y riolitas, (De Cserna y Fries, 1981). Los espesores reales no pueden ser medidos debido al proceso de erosión pero se estiman alrededor de los 600-1000 m. Por otra parte, Alba-Aldave et al. (1996) fecharon por el método K-Ar en horblenda y plagioclasa en la parte inferior y superior de esta formación, dando como resultado edades de 30.5 ± 1.1 Ma correspondiente al Oligoceno temprano y de 24.8 ± 1.3 Ma que corresponde al Oligoceno tardío, respectivamente. Estas secuencias volcánicas sobreyacen de manera discordante a la Riolita Tilzapotla y están cubiertas discordantemente por la Fm. Cuernavaca.

Grupo Ixtlilco (Toi)

Este grupo está compuesto por una secuencia de unidades volcánicas, formadas por flujos andesíticos, dacitas, intercalaciones piroclásticas riodacíticas (Fries, 1960). Los espesores reales no se han podido determinar debido a la erosión que han sufrido pero se estiman unos 500 m aproximadamente. Ordaz-Ayala (1977) ubica este grupo en el Oligoceno tardío en base a su posición estratigráfica. Estas unidades volcánicas sobreyacen de forma discordante a la Fm. Tlayca en la Sierra de Huautla y subyace a la Fm. Cuayuca.

Grupo Tepexco (Toxt)

Este grupo está formado por rocas extrusivas, que afloran al sureste del Estado, compuestas por lavas andesíticas, dacíticas y riodacíticas intercaladas con capas de material volcanoclástico. Los clastos encontrados dentro de este grupo son de composición más máfica y variada que los encontrados en el Grupo Ixtlilco y la Fm. Buenavista, (Fries, 1966). El espesor real no se ha podido determinar debido a la erosión que han sufrido pero se estiman unos 500m aproximadamente. Ordaz-Ayala (1977), en base a la relación estratigráfica, ubica este grupo en el Oligoceno tardío. Este grupo sobreyace discordantemente a

todas las unidades carbonatadas del Cretácico y subyace de forma discordante a la Fm. Cuayuca y Tlayecac.

4.2 Rocas del Eje Neovolcánico

A diferencia de las rocas de la Plataforma Morelos-Guerrero, el Eje Neovolcánico es de carácter continental formado por material ígneo extrusivo perteneciente al Cenozoico, como ya se había mencionado anteriormente. De acuerdo con las evidencias de los sondeos efectuados en la cuenca de México por Petróleos Mexicanos (1988), el Eje Neovolcánico tiene como basamento las rocas mesozoicas de la Plataforma Morelos-Guerrero y, parcialmente, las rocas Terciarias de la Fm. Balsas.

Ahora bien, los depósitos de rocas relacionados al Eje Neovolcánico, se pueden subdividir en tres tipos diferentes: rocas *volcánicas del Mioceno-Plioceno* (flujos andesíticos, lahares y arenas), *depósitos continentales del Plioceno* (depósitos clásticos andesíticos y tobas) y los depósitos de rocas *volcánicas del Plioceno-Holoceno* (lahares y flujos andesíticos), los cuales se describen a continuación.

4.2.1 Volcánicas del Mioceno-Plioceno

Formación Tepoztlán (Tmt)

Esta formación está compuesta por una secuencia formada por rocas volcanoclásticas de tipo lahares de composición andesítica y lentes interestratificados de arenas y gravas, (Fries, 1960). El espesor original no se puede medir debido a la erosión que ha sufrido. De Cserna y Fries (1981) le infieren una edad del Mioceno en base a sus relaciones estratigráficas. Estas rocas volcánicas sobreyacen en discordancia erosional a las formaciones carbonatadas del Cretácico y subyace de igual forma a la Fm. Zempoala y al Grupo Chichinautzin.

Formación Cuayuca (Tmpc)

Esta formación está constituida por tres facies litológicas diferentes, la primera formada por conglomerados, arenas y arcillas; la segunda formada por calizas lacustres, pedernal y marga con limos y arcillas y la última facies formada por depósitos de yeso; probablemente formadas en un ambiente de aguas muy someras, (Fries, 1966). Este mismo autor, menciona que el espesor total de esta formación es variado, pero que se puede estimar un espesor en conjunto aproximado de 600 m. No se han encontrado evidencias fósiles en esta unidad pero se le asigna una edad del Mioceno superior al Plioceno inferior, en base a su correlación estratigráfica; dado que esta formación sobreyace discordantemente al Grupo Ixtlilco y la Fm. Balsas.

Formación Zempoala (Tmpz)

Esta formación está compuesta por una secuencia de flujos volcánicos andesíticos interestratificados con material volcanoclástico andesítico, tobas y lahares, (Fries, 1960). Para esta secuencia volcánica se estima un espesor total de al menos 800m. De Cserna (1981) infiere una edad del Mioceno tardío al Plioceno temprano en base a sus relaciones estratigráficas; y fue depositada discordantemente, por erosión, sobre la Fm. Tepoztlán y subyace al Grupo Chichinautzin.

4.2.2 Depósitos Continentales del Plioceno

Formación Cuernavaca (Tpc)

Esta formación está formada por depósitos compuestos por clastos de rocas volcánicas, principalmente de tipo andesítico y tobas interestratificadas, provenientes de las formaciones volcánicas andesíticas, erosionadas, del terciario. El material es inequigranular y su tamaño decrece hacia el sur; y abarca desde la base del Nevado de Toluca hasta la base del volcán Popocatepetl, Fries (1960). Esta secuencia presenta espesores variados debido al tipo de depositación, que van de 200-300m. Fries (1960) y De Cserna y Fries (1981) proponen una edad no más antigua que el Plioceno ni más reciente que el Pleistoceno temprano. Bonet

(1971) asigna una edad del Plioceno al encontrar una osamenta de elefante del genero Cuviernius. La depositación de este material es discordante con las demás formaciones de la región y está cubierta por depósitos clásticos continentales de origen volcánico.

4.2.3 Volcánicas del Plioceno-Holoceno

Formación Tlayecac (Qt)

Esta formación está constituida por extensos lahares (capas masivas de material piroclástico y lodos volcánicos) provenientes del volcán Popocatépetl, en forma de abanicos que se extienden hacia el suroeste, cerca de 40 km, donde el espesor real no se puede medir en la localidad tipo, pero se estiman unos 100 m, (Fries, 1966). Ordaz-Ayala (1977) proponen una edad del Plioceno medio - Pleistoceno medio basándose únicamente en su posición estratigráfica y comentan que esta formación yace discordantemente sobre la Fm. Cuautla y el Grupo Tepexco, encontrándose interdigitada con la Fm. Popocatépetl y el Grupo Chichinautzin y es cubierta por material reciente.

Grupo Chichinautzin (Qch)

Este grupo está compuesto por una secuencia de corrientes de lava basáltica a andesítica intercaladas con material volcanoclástico, proveniente del complejo volcánico alrededor del volcán Chichinautzin, (Fries, 1960), compuesto por más de 150 domos, conos volcánicos y apilamientos sub horizontales de derrames de lava. El espesor máximo registrado, de este grupo, es de 1800 m que corresponde al volcán Chichinautzin. Herrero-Bervera. y Pal (1978) determinan por paleomagnetismo, que este grupo inició hace 780,000 años y Delgado-Granados et al.(1998) asignan una edad de 2,000 años para la etapa más reciente de este grupo, correspondiente a la secuencia de eventos del volcán Xitle; por lo tanto se puede determinar una de edad del Pleistoceno tardío – Holoceno para este grupo. Estratigráficamente sobreyace en discordancia erosional a la Fm. Cuernavaca y se encuentra cubierta por material clástico reciente, marga y turba, (Fries, 1960).

Formación Popocatepetl (Qp)

Está formado por el conjunto de derrames volcánicos de origen dacítico, riodacítico y andesítico provenientes del volcán Popocatepetl y que se interdigita con el Grupo Chichinautzin y con la Fm. Tlayecac, (Fries, 1966). Carrasco-Núñez (1985) proponen una edad del Pleistoceno tardío al Holoceno en base a su relación estratigráfica y el registro de los diferentes eventos volcánicos del volcán Popocatepetl, (Foto 1).



Foto 1. Vista panorámica desde la cima del Cerro Tecuancoalco, viendo hacia el noreste; a la izquierda el volcán Iztaccíhuatl y a la derecha el volcán Popocatepetl.