

## 5 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está compuesta por secuencias de rocas sedimentarias carbonatadas del Cretácico, correspondientes a la Plataforma Morelos-Guerrero, como calizas fosilíferas, conglomerados basales calcáreos, conglomerados calcáreos del Eoceno además de una secuencia de rocas volcánicas terciarias de tipo ignimbritas-riolitas formadas por procesos volcánicos de la Sierra Madre del Sur. En conjunto estas unidades sufrieron un proceso de metasomatismo debido a un evento de metamorfismo de contacto causado por la intrusión de cuerpos ígneos de composición diorítico - granodiorítico terciarios, dando origen a la formación de una zona de skarn de granate-hierro, además de paquetes de hornfels y mármol, que en conjunto le dan una morfología de una sierra alta rodeada por valles como se ve en la (Foto 2).



Foto 2. Panorámica del área de estudio, zona este. En esta imagen se puede observar, al fondo, gran parte de la zona de estudio, donde la parte más elevada corresponde a la cima del Cerro Tecuancoalco compuesto por cuerpos intrusivos y halos de alteración de tipo skarn y al frente se observan los extensos valles compuestos por lahares y material vulcanosedimentario.

La zona de metasomatismo presenta una notoria transición entre la etapa de endoskarn y exoskarn, ambas con abundante contenido de calcosilicatos como granate, piroxeno, escapolita y wollastonita, además de un alto contenido de sulfuros como pirrotita y pirita. En cuanto a la zona de valles, estos están compuestos por rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias como depósitos clásticos continentales y lahares o capas de lodos con material mal clasificado provenientes del volcán Popocatepetl intercalados con tobas híbridas de material piroclástico junto con terrígenos de diferentes tamaños.

Haciendo uso de la información recabada en campo y gran parte de información bibliográfica, fue posible realizar una columna estratigráfica, adaptada específicamente al área de estudio, en la cual se pueden distinguir las diferentes unidades geológicas, ayudando en gran medida a la interpretación y entendimiento del lugar, (Figura 6).

A continuación se describen las diferentes unidades geológicas encontradas en el área de estudio, iniciando desde la más antigua hasta la más reciente.

### **5.1 Calizas Fossilíferas - Formación Morelos (Kim)**

Fries (1960) describe a estas rocas calcáreas que afloran en el área de estudio como una secuencia de calizas y dolomías interestratificadas con lentes, granos y fragmentos de fósiles silicificados pertenecientes al Albiano-Cenomaniano, que afloran extensamente en los estados de Morelos, México y Guerrero. Bonet (1971), señala que la fauna reportada por Fries (1960), *Acteonella*, *Toucasia* y *Neria* son índices del Albiano. Regionalmente esta secuencia carbonatada se encuentra fuertemente deformada con una serie de pliegues en forma de anticlinorios causados durante la orogenia Laramide, por lo cual se propone que en la área de estudio, el cuerpo intrusivo, generador de las zonas de skarn y mineralización, pudo haber ascendido por zonas de debilidad, como fallas o el plano axial de los pliegues anticlinales de esta formación.

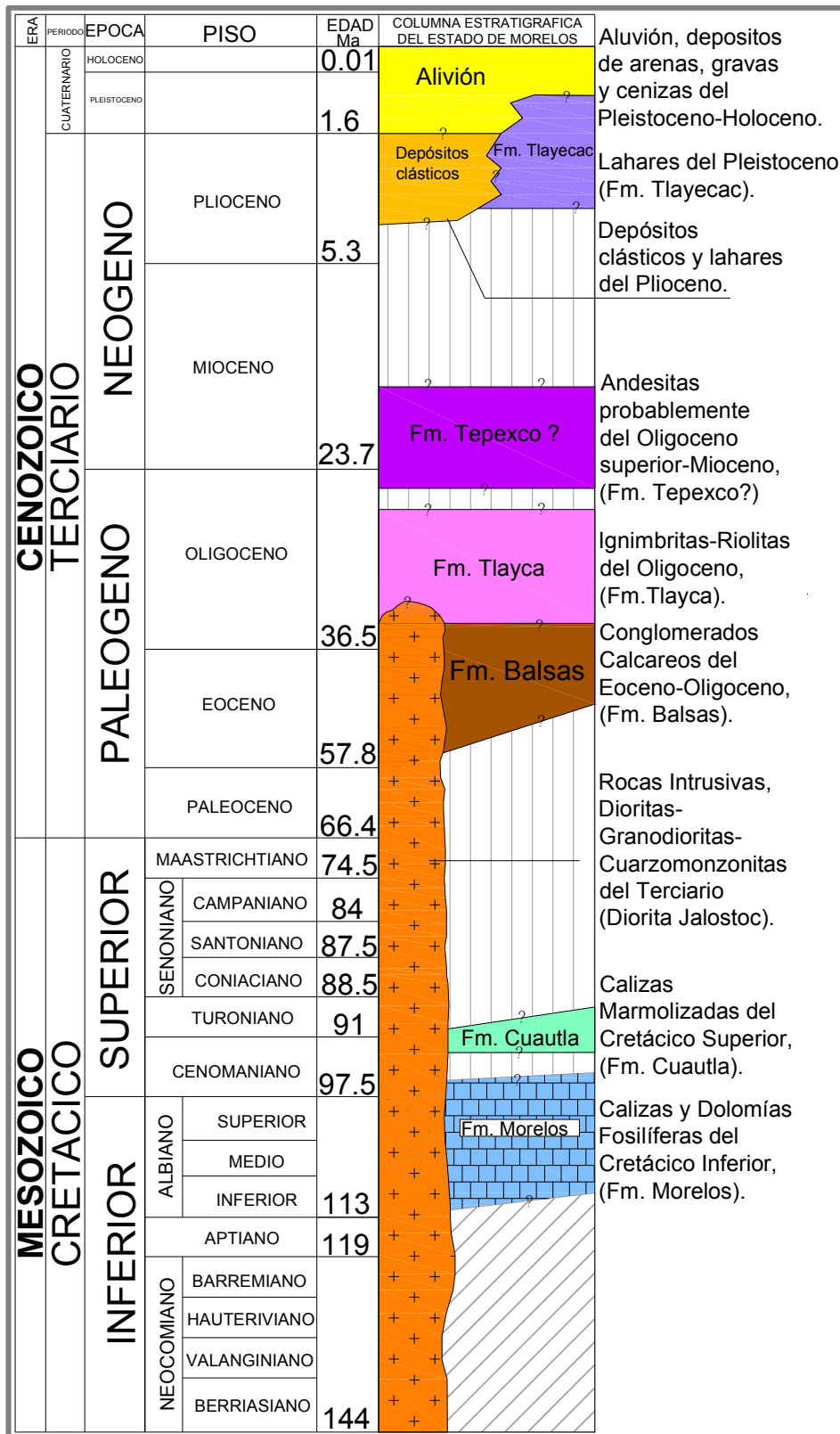


Figura 6. Columna estratigráfica del área de estudio, en la cual se pueden observar las diferentes unidades o formaciones geológicas encontradas localmente.

Localmente no se observan estos plegamientos, pero en una vista panorámica hacia el sureste, fuera del área de estudio, se puede notar la formación de un cuerpo anticlinal en el Cerro Cuachi, (Figura 7) el cual está formado por rocas de la Fm. Morelos y la Fm. Cuautla.

El tipo de litología y el contenido fosilífero que presentan los sedimentos de la Fm. Morelos, indican que estos fueron depositados en un ambiente de plataforma somera, sin aportes terrígenos, con condiciones de temperatura y salinidad que permitieron el desarrollo de organismos constructores de arrecifes.

En el área de estudio, los afloramientos de este tipo de roca, están constituidos por una caliza masiva sin estratificación aparente con cantidades variables de fragmentos de fósiles silicificados, correspondientes al Cretácico inferior (Foto 3), formada en gran proporción por miliólidos, que en determinadas áreas u horizontes faltan por completo, (Fries, 1960). La zona de fracturamiento se encuentra completamente estéril y rellena con la misma disolución de la roca caliza y débiles lentes de óxidos.



Foto 3. Afloramiento de roca caliza fosilífera (Fm. Morelos), donde se nota su textura masiva de grano fino con algunos horizontes fosilíferos.

El contacto inferior de la Fm. Morelos no está visible en el área de estudio, el cual correspondería con el complejo Acatlán, del Paleozoico (pre-Carbonífero inferior), (Ortega-Gutiérrez, 1978); con respecto al contacto superior, este fue erosionado por completo, debiendo ser discordante a la Fm. Cuautla, (Hernández-Romano et al., 1998). El espesor de estas calizas fosilíferas es inferido, ya que estas rocas se presentan de forma masiva sin estratificación aparente y solo alcanza los 120 m de altura en el Cerro Diolochi (Figura 7). Aunque aparentemente excede los 900 m de espesor (Fries, 1960), en la parte central del estado de Morelos. Las calizas de la Fm. Morelos se observan al sureste del área de estudio formando el Cerro Diolochi con pendientes verticales, hacia el extremo sur, con un lineamiento muy marcado indicando, probablemente, la presencia de una zona de falla regional con rumbo NE-SW, además de un sistema de fracturamiento secundario con rumbo NW-SE, quizás por la deformación del anticlinal.



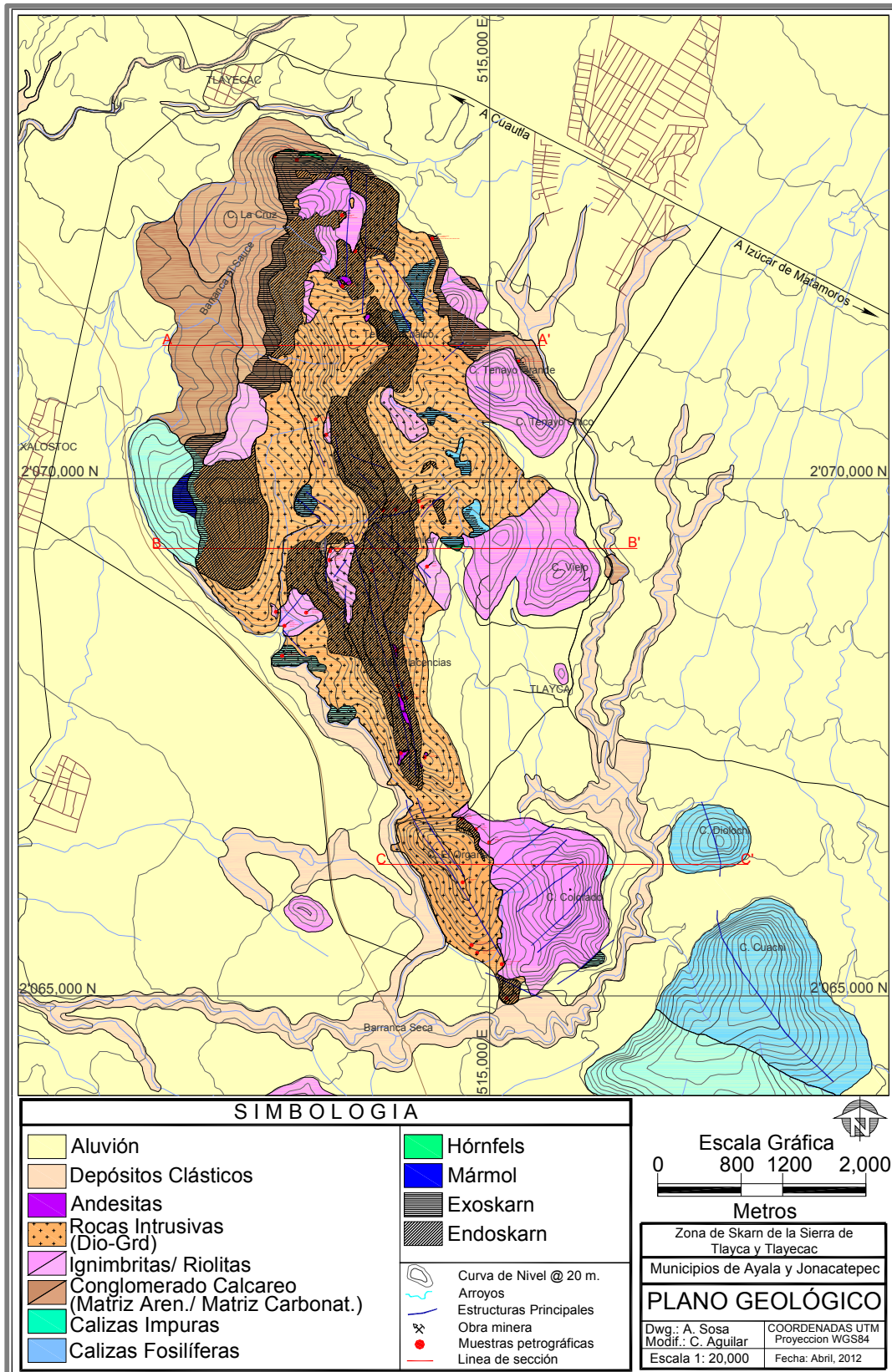


Figura 7. Plano geológico y estructural del área de estudio, en el cual se aprecian las diferentes unidades geológicas y se identifican las zonas de endo y exoskarn.

## **5.2 Calizas No Fossilíferas- Formación Cuautla (Ksc)**

Fries (1960) define esta formación como una secuencia formada por un conglomerado basal y tres facies calcáreas que pasan gradualmente de una a otra en sentido lateral, sugiriendo ambientes de depósito diferentes. Regionalmente, las características litológicas de los sedimentos de la Fm. Cuautla, indican ambientes de formación que varían desde una plataforma carbonatada hasta una cuenca carbonatada cercana a la línea de costa (De Cserna, 1965).

En el área de estudio la formación está localmente constituida por un conglomerado basal, sin poderse observar su contacto base, y está sobreyacida por capas estratificadas finas en paquetes medianos a gruesos, llegando a formar afloramientos de 18 m de espesor con evidencias de una ligera etapa de plegamiento. Se puede presentar como una secuencia calcárea marmolizada o alterada a hornfels (según los diferentes autores antes mencionados), compuestas de calcilitita, calcilimonita o calcarenita, (De Cserna, 1965). En el área de estudio se observa este tipo de roca formada por capas muy delgadas compuestas por material fino a grueso granular <5 mm de espesor, de color café claro a beige, con una débil reacción al ácido clorhídrico; estas capas presentan un echado subhorizontal variable, <15° en general, con rumbos en diferentes direcciones, debido a la presencia de varios sistemas de fracturamiento y zonas con un ligero plegamiento.

Los afloramientos de esta unidad son escasos y discontinuos los cuales se pueden observar en el flanco este del Cerro de la Cruz, en afloramientos discontinuos; y al oeste del Cerro de San Juan alterada a mármol debido al contacto con la Diorita Jalostoc, (Grajales-Nishimura y Sánchez-Hernández, 1979). Microscópicamente presenta una textura fina no foliada con cristales de cuarzo y granates <1 mm, cristales de piroxenos <5% y relictos de fenocristales de calcita <1mm, feldespatos alcalinos y plagioclasas del tipo sódicas, en una matriz carbonatada, como se puede apreciar en la muestra LC-453-8, (Foto 4).

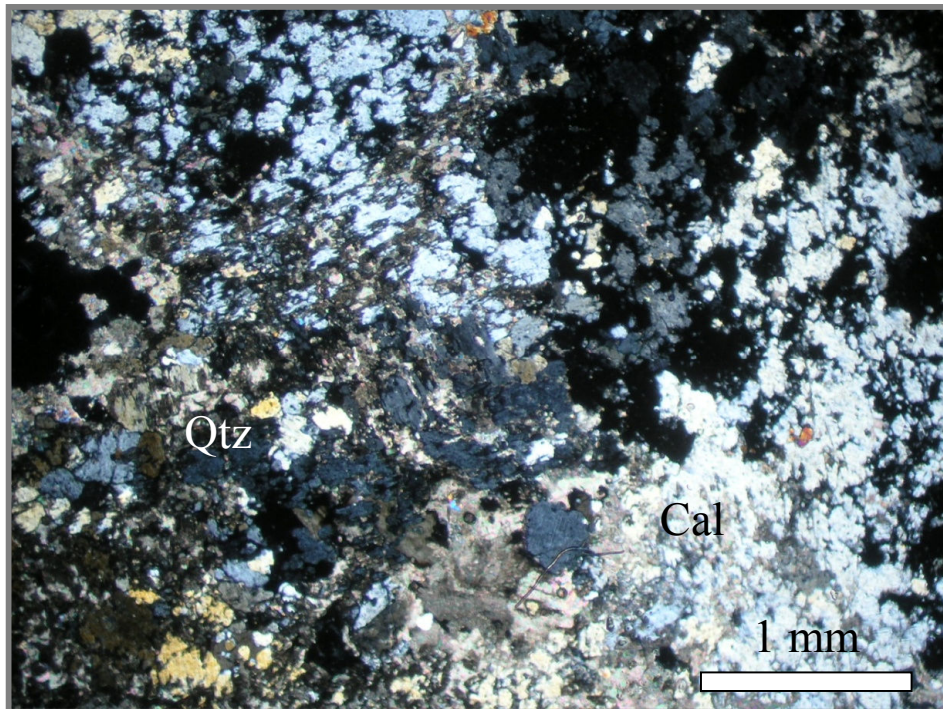


Foto 4. Microfotografía: Muestra LC-453-8, con luz polarizada a 4X. Tipo de roca: Hornfel.

Los afloramientos se encuentran marmolizados, alterados a skarn de wollastonita-granate y zonas de hornfels con débil presencia de granate (verde y rosa) en pequeños cristales. El grado de alteración impide determinar el tipo de roca original, en muestra de mano; aunque en algunas ocasiones aun presenta pequeños relictos de cristales de calcita o parches carbonatados que indican el tipo de protolito calcáreo.

Esta formación se presenta de manera discordante sobre la Fm. Morelos presentando similitudes estratigráficas, estructurales y texturales; y donde su contacto superior debería ser concordante y transicional a la Fm. Mexcala, pero en el área de estudio no se observa esta asociación, en cambio se puede observar que es sobreyacida por el conglomerado calcáreo y rocas volcánicas del oligoceno (Foto 5). De Cserna (1965) y Hernández Romero et al. (1998), consideran esta formación como del Cenomaniano tardío -Turoniano, en base a su posición estratigráfica, ya que, regionalmente, sobreyace a la Fm. Morelos y subyace a la Fm. Mexcala, debido a la presencia de rudistas *Durania cornopstori* Parona, aunque en el área de estudio no se aprecia el contacto entre ambas formaciones.





Foto 5. Fotografía tomada de la zona este del Cerro. Colorado en la cual se observa el contacto entre las rocas volcánicas del Oligoceno (Fm. Tlayca), sobreyaciendo a las rocas marmolizadas (Fm. Cuautla).

### **5.3 Conglomerado Calcáreo- Formación Balsas (Teob)**

Fries (1960), describe esta formación como una secuencia de conglomerados con clastos de calizas, con interestratificaciones de areniscas, lutitas, limolitas, brechas tobáceas y derrames volcánicos, comentando además que: “las facies sedimentarias reconocidas, en los diferentes afloramientos del Grupo Balsas, indican que esta secuencia se formó como depósitos de abanico aluvial desarrollado al pie de la zona montañosa de Cacahuamilpa-Taxco”.

En el área de estudio ocurre como un conglomerado calcáreo compuesto por clastos de caliza subredondeados con tamaños centimétricos menores a 50 cm, cementados en una matriz calcárea (Foto 6). También se puede observar a manera de conglomerado compuesto por clastos de caliza en una matriz arenosa, gruesa, con tonalidades rojizas (Foto 7). El conglomerado calcáreo forma el Cerro de la Cruz, también se localiza al este de Cerro Viejo, y al este de Cerro Colorado (Figura 7). Mientras que el conglomerado compuesto por clastos de caliza en

matriz arenosa con tonalidades rojizas, se localiza en la zona oeste, en las partes bajas, del Cerro Tecuancoalco; también considerado como parte de la Fm. Balsas. En los afloramientos de este tipo de roca, se presentan como un cuerpos masivos de bajo relieve al cual no se le observa estratificación aparente, con clastos calcáreos subredondeados. En este tipo de rocas es notoria una alteración de tipo skarn, en las zonas cercanas al cuerpo intrusivo, pudiéndose observar una zona de transición del endoskarn al exoskarn, con formación de granate > wollastonita y grandes cristales de calcita en la zona más distal, aparentemente como relictos de una débil etapa de marmolización. Otro tipo de alteración secundaria, sería la presencia de lentes de jasperoides en afloramientos de roca aparentemente fresca, en las periferias de la zona de skarn, como evidencias de una etapa de hidrotermalismo.



Foto 6. Afloramiento del conglomerado calcáreo (Fm. Balsas), cementado en una matriz carbonatada, ubicados hacia la zona norte y este del área de estudio.

Microscópicamente este tipo de roca presenta una textura clástica, compuesta de cristales de calcita y pequeños granos de cuarzo; estos clastos se encuentran cementados en una matriz carbonatada y están formados por microcristales de calcita (roca caliza), miden desde 1 mm hasta más de 2 cm, con



formas subredondeadas y se pueden apreciar gran cantidad de restos o relictos de microfósiles, como foraminíferos (miliólidos y orbitolinas) y diatomeas, los cuales deben pertenecer a las formaciones carbonatadas previas como se aprecia en la muestra LC-D, (Foto 8).



Foto 7. Afloramiento del conglomerado calcáreo (Fm. Balsas), cementado en una matriz arenosa con óxidos (conglomerados rojos), ubicados en el flanco noroeste del área de estudio.

Estratigráficamente la Fm. Balsas se encuentra sobreyaciendo a las secuencias carbonatadas de la Plataforma Morelos-Guerrero y subyace discordantemente al resto de los depósitos continentales de la región. Hacia la parte oriental de la región se encuentra cubierta en ligera discordancia angular por la Riolita Tilzapotla Monter Ramírez y Morán Zenteno (2004). En el área de estudio el contacto con la Fm. Cuautla es confuso o está cubierto por completo, pero se sabe que su relación es discordante, (Fries, 1960), y subyace a la Fm. Tlayca (Volcánicas del Oligoceno) aunque el contacto entre ambas unidades está cubierto, pero es fácilmente inferido por la cercanía y las diferencias morfológicas. El espesor de esta formación es difícil de determinar en el área de estudio ya que

no se observa su base ni estratificación aparente, sin embargo se puede estimar un espesor aproximado de entre 180 y 220 m, en este sitio.

La edad de esta formación es difícil de determinar sin un fósil índice perteneciente a la formación misma, así entonces, su relación es estratigráfica; para la parte oriental del Estado de Morelos se le considera del Paleoceno - Oligoceno (Salinas-Prieto, 1986).

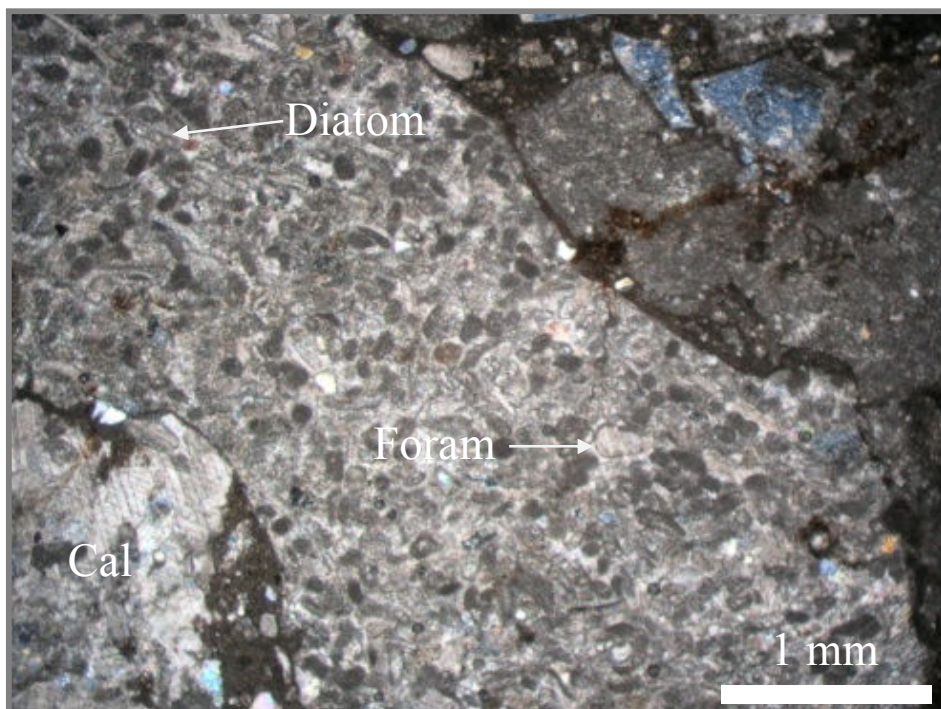


Foto 8. Microfotografía: Muestra LC-D, con luz polarizada a 4X. Se pueden apreciar los fragmentos y clastos subredondeados a subangulosos; el contenido de microfósiles está compuesto por foraminíferos (miliólidos y orbitolinas) y diatomeas. Tipo de roca: Conglomerado calcáreo.

#### **5.4 Rocas Volcánicas, Ignimbritas y Riolíticas - Formación Tlayca (Totl)**

En el área de estudio, esta formación, está constituida por secuencias de rocas volcánicas como ignimbritas, flujos de lava y brechas tobáceas de composición riolítica, (Foto 9). Litológicamente varían en textura, color, composición y mineralogía pero se les asocia a un mismo evento volcánico correlacionable a la Riolita Tilzapotla del Oligoceno medio, pero las separan en



base en el lugar en la que se encuentran aflorando, Fm. Tlayca al este y Riolita Tilzapotla al oeste del Estado de Morelos, (Fries, 1966).



Foto 9. Afloramiento de rocas volcánicas del tipo riolíticas pertenecientes a la Fm. Tlayca, ubicadas en la localidad tipo del mismo nombre.

Esta formación se depositó sobre la Fm. Balsas de manera concordante, sin presentar alguna otra unidad sobreyaciéndola en la localidad tipo, (Fries, 1966). El espesor aproximado en esta localidad es de 200 m en el área de estudio. Alba-Aldave et al. (1996) concuerda con Fries (1966) al asignar una edad del Oligoceno tardío por extrapolación con la Riolita Tilzapotla, la cual fue datada por el método K-Ar en biotita y se obtuvieron resultados de una edad de  $31.9 \pm 0.8$  Ma correspondiente al Oligoceno medio.

Esta formación se puede observar en Cerro Viejo, Cerro los Tenayos, Cerro el Mirador, Cañada los Sabinos, Cañada el Aguacate y sobre el Cerro Tecuancoalco, (Figura 7), en todos estos lugares se presenta como afloramientos de ignimbritas y en algunos casos como derrames lávicos con pseudoestratificación con abundantes ojos de cuarzo.

La presencia de este tipo de rocas como flujos riolíticos, se caracteriza por presentarse de color blanquecino a veces con coloraciones o franjas rojizas-amarillentas tenues debido a una baja o débil oxidación, presenta una textura vítrea a porfídica con una matriz fina blanqueada, abundantes ojos de cuarzo menores de 1.5 mm, pirita oxidada, feldespatos y biotita, además se pueden apreciar estructuras de flujo muy características.

Petrográficamente, estas rocas presentan una textura micro porfídica, y están compuestas por cristales de feldespato y cuarzo subhedral <1 mm, en agregados granulares o diseminado, con algunos relictos de plagioclasas de composición sódica como Oligoclasa-Andesina <0.5 mm. Estas rocas presentan una moderada silicificación, que se puede encontrar en las zonas alejadas al cuerpo intrusivo, como se observa en la muestra LC-M-4, (Foto 10); mientras que las que se encuentran más cercanas a las rocas intrusivas, presentan una ligera feldespatización además de la presencia de piroxenos <0.2mm; como se observa en las muestras LC-347, LC-364, LC374 y LC-10, (Foto 11).

También, se presenta con una textura eutaxítica, característica rugosa con vesículas o cavidades aplanadas (flamas) en superficie; contiene minerales arcillosos de colores blanquecinos o amarillentos, también, puede presentar pequeños fragmentos de roca subangulares <8 cm, cristales de cuarzo subhedrales <0.5 cm y una débil o nula oxidación.

Petrográficamente, estas rocas presentan una textura microcristalina, compuesta de cristales de feldespatos alcalinos, cuarzo y plagioclasas. Los cristales de cuarzo son subhedrales y miden <1 mm, los cristales de plagioclasas son de tipo sódico desde Oligoclasa-Andesina, estas rocas no presentan alteración alguna, o una débil silicificación, como se observa en la muestra LC-01 (Foto 12). Mientras que en el Cerro Colorado su composición parece ser mayormente latítica con diques riolíticos, en este sitio la roca está alterada por un evento hidrotermal, con zonas fuertemente argilizadas, silicificadas y algunas con alunita. Presenta un fuerte sistema de fracturamiento con dirección NE-SW y fuerte alteración silíceo.





Foto 10. Microfotografía: Muestra LC-M-4, con luz polarizada a 4x. Se pueden observar varios cristales de cuarzo subhedral <1 mm, en una matriz ligeramente silicificada, con presencia de óxidos de hierro y minerales opacos. Tipo de roca: Riolita.

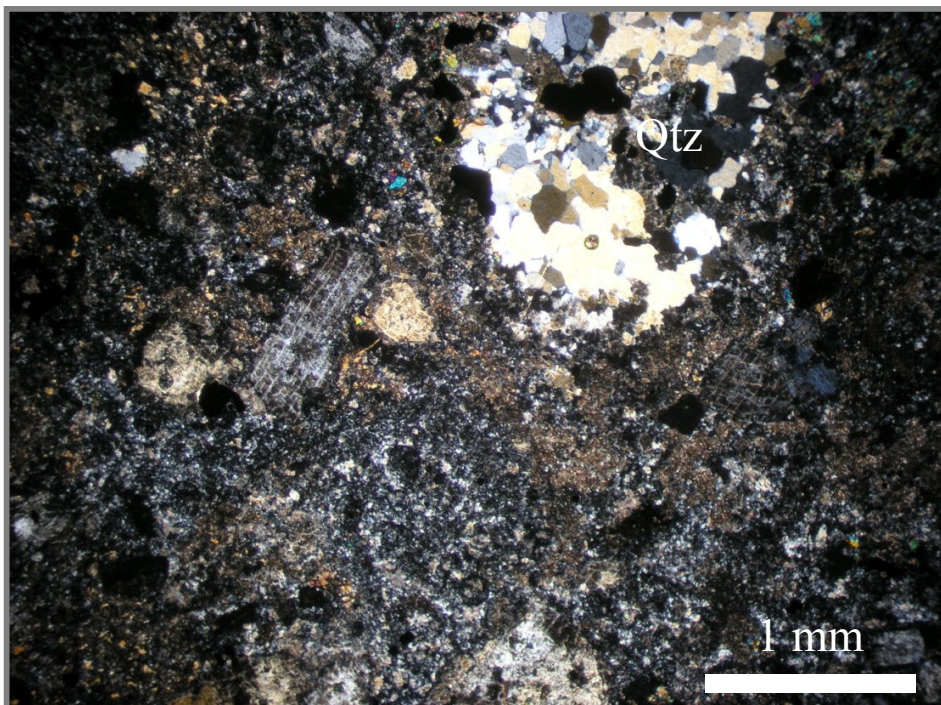


Foto 11. Microfotografía: Muestra LC-347, con luz polarizada a 4x. Se pueden observar cristales de cuarzo agrupados (ojos de cuarzo <1.5 mm), en una matriz silicificada y una leve feldespaticación. Tipo de roca: Riolita.

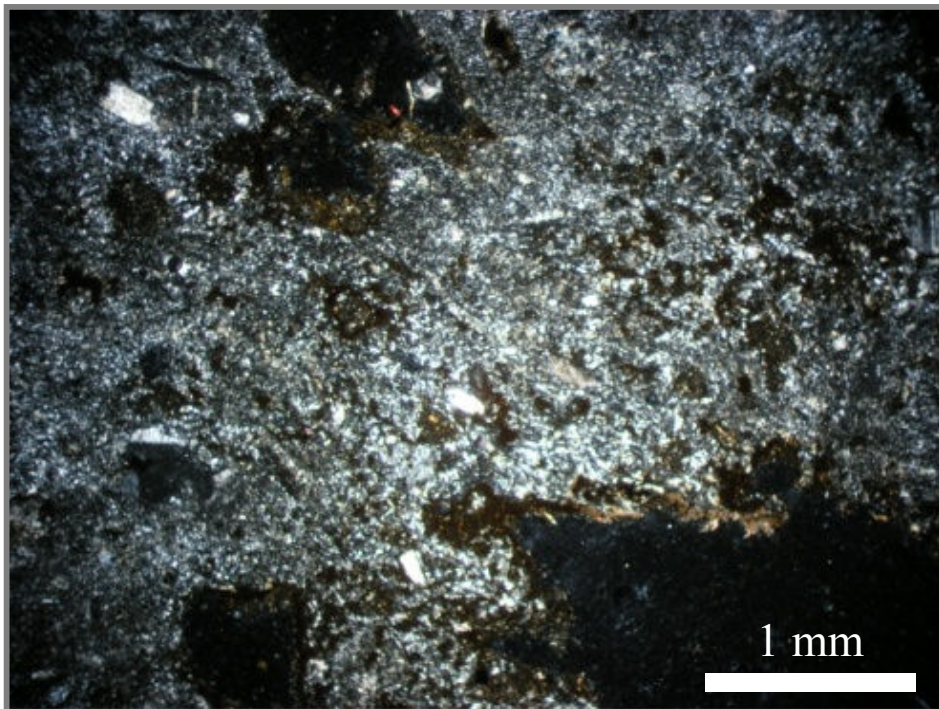


Foto 12. Microfotografía: Muestra LC-01, con luz polarizada a 4x. Se pueden observar cristales de cuarzo y plagioclasas, además de cristales de biotita y óxidos en una matriz con una débil silicificación. Tipo de roca: Ignimbrita.

### **5.5 Rocas Intrusivas- Diorita Jalostoc (Igi)**

Es importante aclarar que Ordaz-Ayala (1977) describe como Diorita Jalostoc, en general a todo el conjunto de cuerpos intrusivos de tipo diorítico - granodiorítico - cuarzomonzonítico, los cuales, en el área de estudio, se encuentran cortando a la Fm. Morelos y Cuautla y a los conglomerados calcáreos de la Fm. Balsas y volcánicas de la Fm. Tlayca, y es posible observar o inferir estos contactos en el área de estudio, formando una aureola de metasomatismo con desarrollo de skarn de granate. Grajales-Nishimura y Sánchez-Hernández (1979) infieren que hubo dos etapas de intrusión magmática, una de composición diorítica y otra granodiorítica a cuarzo monzonítica, ambas emplazadas en el Oligoceno tardío.

Morfológicamente este cuerpo intrusivo se presenta con una forma alargada en dirección casi norte-sur de 8 km de largo y 3.5 km de ancho, alcanzando una



diferencia de altura de hasta 420 metros con respecto a la zona de valles y una altitud máxima de 1,700 m.s.n.m.

En el área de estudio presenta una composición granodiorítica a cuarzomonzonítica en la zona norte, (Foto 13) y con una composición diorítica hacia la zona sur, (Foto 14). De Cserna y Fries (1974) definieron esta roca como una diorita formada por andesina, oligoclasa, ortoclasa, cuarzo, augita y biotita, con apatito y circón como accesorios. La composición es aparentemente diorítica con variaciones a granodiorita y cuarzomonzonita, de color gris oscuro a verdoso, en ocasiones blanquecina-rosa claro, moteada, con una textura granular a porfídica con fenocristales de diferentes tamaños de plagioclasas <5 mm de largo, horblenda, esfenas y piroxenos (augita?), también, presenta abundantes sulfuros como pirita, pirrotita y probable calcopirita. Por lo general este tipo de roca es magnética debido a su contenido de magnetita y pirrotita.

En el área de estudio se pueden observar o inferir estos contactos. Los afloramientos de estos cuerpos intrusivos, se encuentran distribuidos en la mayor parte de esta sierra. De Cserna y Fries (1974) y Pantoja Alor (1983), obtuvieron una edad de  $30 \pm 3$  Ma (Oligoceno tardío), por el método plomo-alfa, de cristales de zircón, de una muestra obtenida de los afloramientos, de composición diorítica, localizados en la zona sur. Grajales-Nishimura y Sánchez - Hernández, (1979), le asignan una edad del Oligoceno inferior – superior, ya que se encuentra intrusionando a las formaciones Morelos, Cuautla y Balsas y parte de la Fm. Tlayca.



Foto 13. Afloramiento del intrusivo de composición granodiorítica - cuarzomonzonítica, de la zona norte (Diorita Jalostoc).



Foto 14. Afloramiento del intrusivo de composición diorítica, de la zona centro-sur (Diorita Jalostoc).

Petrográficamente las rocas de composición diorítica en el área de estudio, están compuestas por cristales de plagioclasas <5 mm que varían desde Oligoclasa-Andesina con una feldespatización que afecta a estos cristales desde los bordes hacia el centro de estos; además de la presencia de piroxenos ya sean orto o clinopiroxenos, cuarzo anhedral <5%, horblenda y una abundancia de granates, indicando con esto la presencia de la zona de alteración progradante, como se puede observar en la Muestra LC-05 y LC-2, (Foto 15). Como minerales accesorios presenta magnetita-pirrotita, esfena y zircón. Esta roca presenta un magnetismo fuerte a moderado (pirrotita-magnetita). Los cristales de granate-piroxenos y sulfuros pueden presentarse también rellenado fracturas junto con pirrotita-pirita como parte de la zona del endoskarn. Estas rocas se pueden encontrar en la zona centro y sur del área de estudio y se encuentran rodeadas de extensos halos de granate-piroxenos-escapolita.

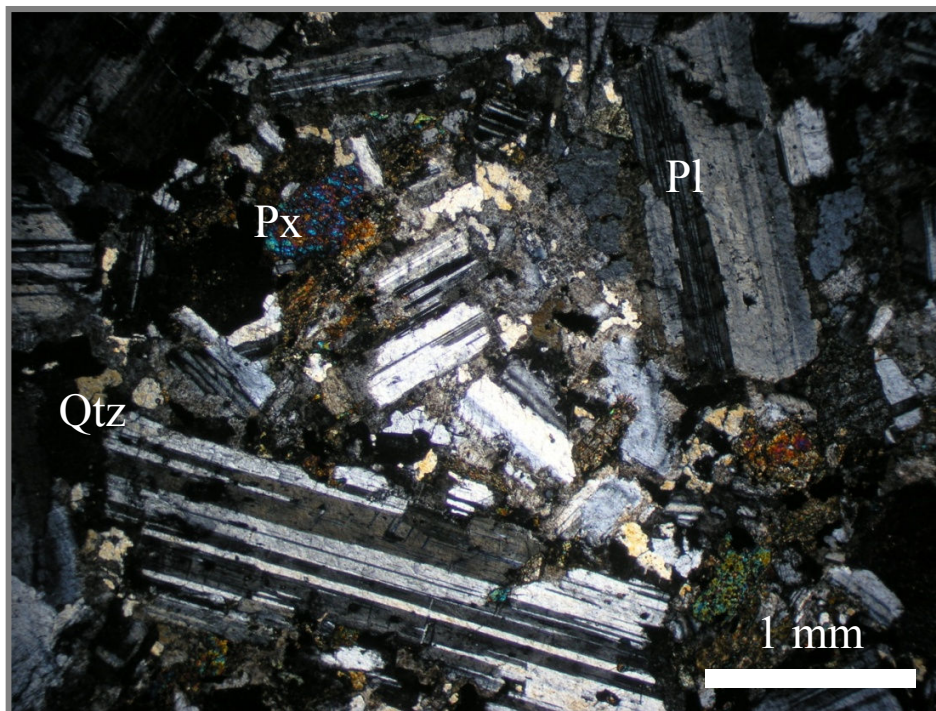


Foto 15. Microfotografía: Muestra LC-05, con luz polarizada a 4x. Muestra de roca de composición porfírica con fenocristales de plagioclasas (Oligoclasa-Andesina), cuarzo subhedral y piroxenos, con una ligera feldespatización. Tipo de roca: Diorita.

Petrográficamente, las rocas de composición granodiorítica a cuarzomonzonítica, están compuestas por cristales de plagioclasas <3mm que



varían de Oligoclasa-Andesina, con una feldespatización alterando los bordes de estos cristales y la matriz de la roca. También presenta cristales de cuarzo <0.5 mm en un porcentaje de 15%, junto con biotita-horblenda y piroxenos, que en la muestras LC-404, LC-7, LC-321 y LC-377, (Foto 16), se pueden observar a simple vista. Como minerales accesorios, presentan magnetita-pirrotita-esfena-zircón; presentando un magnetismo moderado. Estas rocas se encuentran, mayormente, en la zona centro y norte del área de estudio, con bordes de skarn de granate y piroxenos, muy cercano al contacto con las rocas carbonatadas (límite endo - exoskarn).

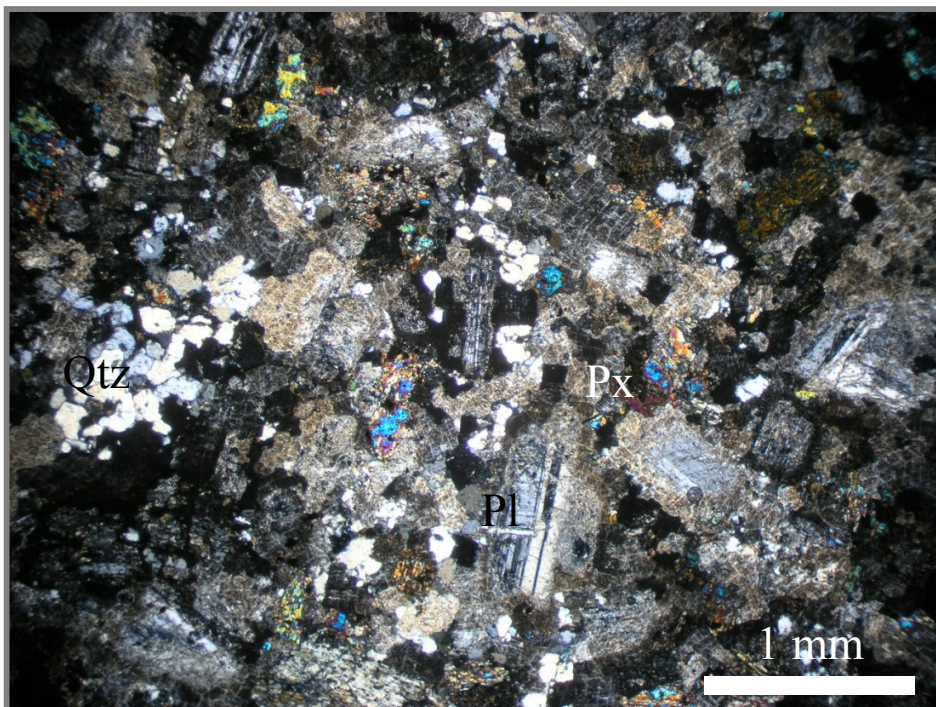


Foto 16. Microfotografía: Muestra LC-404, con luz polarizada a 4x. Muestra de roca de composición Granodiorítica con fenocristales de plagioclasas (Oligoclasa-Andesina), cuarzo subhedral y piroxenos, con una moderada a fuerte feldespatización. Tipo de roca: Granodiorita.

## **5.6 Rocas Volcánicas Andesíticas- Grupo Tepexco (Toxt)**

Las andesitas encontradas en el área de estudio, anteriormente no han sido mencionadas por los diferentes investigadores que han estudiado ésta localidad; probablemente esto se deba a que los afloramientos encontrados son escasos y discontinuos, (Foto 17). Posiblemente formen parte los eventos volcánicos



correspondientes a la cubierta continental ígnea, la cual se divide en riolitas del Oligoceno y andesitas del Oligoceno tardío; donde los depósitos volcánicos andesíticos son diferenciados por su ubicación regional; dentro de ellos la Fm. Buena Vista, Grupo Ixtlilco y el Grupo Tepexco, donde este último es el correspondiente a la parte sudoriental del Estado de Morelos y está conformado por derrames de lava andesítica, dacítica y riodacítica con intercalaciones de material volcanoclástico. Los afloramientos del Grupo Tepexco, se localizan a menos de 5 km al sureste del área de estudio y se encuentran en contacto con los cuerpos intrusivos de Chalcatzingo.

Para estas andesitas del Grupo Tepexco Ordaz-Ayala (1977), propone una edad del Oligoceno tardío- Mioceno en base a su relación estratigráfica, el cual sobreyace discordantemente a todas las unidades carbonatadas del Cretácico y subyace a la Fm. Cuayuca y Tlayecac. No obstante, éste es un caso similar al del Grupo Ixtlilco, el cual está asociado al magmatismo de la Sierra Madre del Sur que en buena parte de esta provincia finaliza hacia los 24 Ma. por lo que pudiera tener una edad del Oligoceno tardío.

En el área de estudio estos afloramientos están asociados al cuerpo diorítico, aunque el contacto entre ambas unidades no está bien definido. Otra posibilidad sería que estos afloramientos supuestamente andesíticos, correspondan a la zona de enfriamiento del intrusivo diorítico, ya que los afloramientos solo se encuentran alineados al sistema estructural principal, sobre el cuerpo intrusivo, indicando que ocurrió una etapa de enfriamiento rápido dentro de este sistema.

Esta andesita presenta una textura microporfírica con una matriz fina de color gris oscuro a verdoso, con abundantes fenocristales de plagioclasas, horblendas y piroxenos. Otra característica importante de esta roca es su fuerte magnetismo debido a la presencia de pirrotita y magnetita. En zonas cercanas al skarn de granate y escapolita-analcima, la andesita presenta vetillas rellenas de sulfuros, piroxenos y otros minerales opacos. Los afloramientos correspondientes a este tipo de rocas se encuentran a lo largo del Cerro Las Plasencias, zona sur del área

de estudio, (Figura 7), ocurren en forma de pequeños afloramientos de roca, muy cercanas a la zona de skarn de granate-escapolita-piroxeno.

Petrográficamente estas rocas andesíticas están compuestas de más del 90% de plagioclasas sódicas como Oligoclasa-Andesina <0.2 mm, con una textura fluidal, estos cristales no presentan una feldespatización como es el caso de las rocas dioríticas cercanas a las andesíticas, pero si presentan piroxenos <0.2 mm y además de pirrotita-magnetita, ya sean diseminados o rellenando fracturas, dándole a esta roca propiedades magnéticas muy fuertes, como se observa en las muestras LC-M-1, LC-M-7 y LC-6, (Foto 18).



Foto 17. Aspecto del afloramiento de rocas andesíticas, este tipo de roca se puede observar asociado al sistema estructural principal alineado casi norte-sur.



Foto 18. Microfotografía: Muestra LC-M-1, con luz polarizada a 4x. Muestra de roca de composición andesítica, presenta una textura microporfírica con feno y microcristales de plagioclasas (Oligoclasa-Andesina) y piroxenos. Se puede apreciar una microfractura rellena de sulfuros (pirita-pirrotita).

### **5.7 Depósitos Clásticos continentales (TpdC)**

Regionalmente todos los depósitos post Fm. Cuernavaca (depósitos volcanoclásticos continentales del Plioceno), que no fueron depositados por flujos o corrientes lávicas, fueron agrupados en una sola unidad, como depósitos clásticos continentales. En el área de estudio se presentan como depósitos clásticos heterogéneos con fragmentos subangulosos en una matriz compuesta de una mezcla entre ceniza volcánica, suelo y caliche, en paquetes compactos, pero que no se encuentran bien consolidados. Principalmente se componen de materiales variados como detritos de fragmentos gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas, marga, turba, ceniza volcánica, suelos y caliche entre otros, (Foto 19). En base a sus relaciones estratigráficas, post Fm. Cuernavaca, pre Fm. Tlayecac, (Fries, 1966), le determina una edad del Plioceno, (Figura 6).





Foto 19. Afloramiento de los Depósitos Clásticos Continentales en la zona sur del área de estudio.

Regionalmente estos depósitos clásticos yacen discordantemente sobre la Fm. Balsas y los Grupos volcánicos del Oligoceno-Mioceno (Tepexco). Se encuentra interdigitados con la Fm. Tlayecac al norte y cubierta por material reciente, (Ordaz-Ayala, 1977). Aunque en el área de estudio no se pueden apreciar estas relaciones estratigráficas. Los afloramientos de este tipo, se pueden encontrar principalmente en los cortes de arroyos y cañadas principales, hacia las zonas este y sur, con espesores mayores a 15m, con una estratificación gruesa.

En sí, este es el conjunto de unidades geológicas encontradas en el área de estudio, con las cuales fue posible armar una columna estratigráfica y plano geológico como son la Figuras 6 y 7 respectivamente, en la cuales es fácilmente visualizar los componentes del tema mencionado como geología del área de estudio. A continuación se hace mención de la definición de skarn y posteriormente se mencionan las características de la zona de skarn en el área de estudio.