

Panorama geológico de Temascaltepec: una contribución a la investigación con enfoque geográfico y ambiental

Geological panorama of Temascaltepec: a contribution to research with a geographical and environmental focus

Stefanni Guadalupe Ruíz Muñoz ¹ y Daniel Fernando Gómez Benítez ^{2*}

¹ Geoenvironmental Services S.A. de C.V. Acapulco 36 Colonia Roma Norte Cuauhtémoc, Ciudad de México CP 06700, fannirmu@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-0971-8282>

² Coordinación General de Protección Civil y Gestión Integral del Riesgo del Estado de México, Vialidad Adolfo López Mateos s/n Colonia las Culturas, C.P. 51350, Zinacantepec, Estado de México, ferx.geouaemex@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8800-131X>

*Autor de correspondencia

Recibido: 26/11/2024. Aceptado: 06/01/2025. Publicado: 21/01/2025.

Cómo citar: Ruíz Muñoz, S., & Gómez Benítez, D. (2025). Panorama geológico de Temascaltepec: una contribución a la investigación con enfoque geográfico y ambiental. *Geografía Aplicada*, 1(1), 41-78. Consultado de <https://geografiaaplicada.uaemex.mx/article/view/25617>

Resumen

Temascaltepec al igual que el resto de las zonas que conforma la Sierra Volcánica Transversal (SVT) expone una historia geológica diversa y compleja. El espacio geográfico objeto de estudio es caracterizado exhaustivamente desde el punto de vista físico. En concreto, se identifican los principales eventos tectónicos que ocurrieron en la zona de estudio, se emplea un enfoque cualitativo por la naturaleza de la información requerida. Los estudios geológicos son parte fundamental de la investigación en Geografía ambiental porque proporcionan información sobre la composición, estructura y evolución de la Tierra. Esta información es esencial para entender procesos naturales como el clima, la erosión, el vulcanismo, los terremotos y la evolución de paisaje. Además, los resultados obtenidos, contribuyen a evaluar los recursos naturales, los riesgos geológicos y los impactos de las actividades humanas en el medio ambiente, permitiendo una planificación y gestión sostenible del territorio.

Palabras clave: Geografía ambiental, Geología, Paisaje, Tectónica.

Abstract

Temascaltepec, like the rest of the areas that make up the Transversal Volcanic Sierra (SVT), presents a diverse and complex geological history. The geographical space under study is thoroughly characterized from a physical perspective. Specifically, the main tectonic events that occurred in the study area are identified, using a qualitative approach due to the nature of the information required. Geological studies are a fundamental part of environmental geography research since they provide information on the composition, structure, and evolution of the Earth. This information is essential for understanding natural processes such as climate, erosion, volcanism, earthquakes, and landscape evolution. Furthermore, the results obtained contribute to evaluating natural resources, geological risks, and the impacts of human activities on the environment, enabling sustainable land planning and management.

Keywords: Environmental Geography. Geology, Landscape, Tectonics.

1. Introducción

Temascaltepec al igual que el resto de las zonas que conforma la Sierra Volcánica Transversal (SVT) expone una historia geológica diversa y compleja (Camprubí, 2003). En 1998, Camprubí publicó su tesis doctoral “Los depósitos epitermales de Ag-Au de Temascaltepec (Estado de México) México”, donde se dio a la tarea de determinar la estratigrafía y la secuencia paragenética de las diversas asociaciones y contribuyó al conocimiento de los depósitos minerales. Años más tarde, le dio continuidad a su investigación y fue en el año 2003 cuando redactó el artículo “Geoquímica de fluidos epitermales del sureste del Distrito de Temascaltepec, Estado de México” respondiendo algunas interrogantes del trabajo anterior. Finalmente, en 2006 difundió una recopilación actualizada de los depósitos epitermales de México, sirviendo como aporte a los trabajos ya expuestos.

Sin embargo, Camprubí realizó un apartado en su tesis doctoral “Direcciones de investigación futura” donde enfatizó la importancia de continuar con los estudios de la zona para caracterizar la geología y determinar el origen de los materiales existentes. No obstante, y a pesar de la cantidad de investigaciones sobre su contexto geológico, mineralógico, petrológico y geofísico, ha sido todavía un reto asegurar su correcta descripción y comprensión, debido a la complejidad de este. Esta historia evolutiva parte de cuatro etapas fundamentales: (1) el descubrimiento de un arco de composición intermedia que data del mioceno medio y tardío; (2) la ocurrencia simultánea de un evento máfico del mioceno tardío; (3) un proceso silíceo de finales de mioceno y principios del plioceno temprano; y (4) la reconstrucción de un arco composicional que comienza a partir del plioceno tardío (Ferrari *et al.*, 2005).

Es por ello que se sugiere retomar investigaciones anteriores para tener la posibilidad de guiarnos con mayor facilidad en el proceso de exploración, y a su vez, expandir el tema que

se analizó de manera intermitente en años anteriores para conocer la evolución, formación e interrelaciones dentro del espacio de la superficie terrestre estudiando aspectos que afectan directa o indirectamente al territorio. El presente estudio pretende hacer un análisis del panorama geológico de Temascaltepec, para poder brindar información que sea de utilidad para estudios futuros.

Desde un enfoque técnico, los estudios geológicos en geografía ambiental abordan temas claves como:

1. Evaluación de riesgos geológicos: La identificación y evaluación de riesgos relacionados con terremotos, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y tsunamis son fundamentales para la planificación y la gestión de riesgos en áreas vulnerables. Los datos geológicos permiten modelar la distribución de estos riesgos y sus potenciales impactos (Serrano, 2018).
2. Estudios de suelos y recursos hídricos: La caracterización de los suelos y las formaciones geológicas subyacentes es crucial para comprender la conservación del agua y la capacidad de los suelos para soportar actividades agrícolas, forestales o urbanas. Además, la identificación de acuíferos y fuentes de agua subterránea permite evaluar la disponibilidad de recursos hídricos y su relación con el cambio climático.
3. Análisis de procesos geomorfológicos: El estudio de la evolución de los paisajes terrestres, como la formación de montañas, valles, llanuras y cuencas hidrográficas, permite entender cómo los procesos geológicos interactúan con los factores climáticos y biológicos, y cómo estos procesos afectan el medio ambiente y las sociedades humanas a lo largo del tiempo (Camprubí, 1999).
4. Impacto de la actividad humana: Los estudios geológicos son fundamentales para evaluar el impacto de las actividades humanas, como la minería, el urbanismo y la agricultura, en el entorno geológico. La degradación del suelo, la contaminación de acuíferos y los cambios

en los ciclos geobiológicos son algunos de los efectos que requieren un análisis geológico profundo para mitigar su impacto.

En resumen, los estudios geológicos proporcionan una base científica clave para la gestión ambiental sostenible, la prevención de desastres y la adaptación al cambio climático, al permitir una comprensión precisa de la dinámica de la Tierra y sus recursos.

2. Área de estudio

El municipio de Temascaltepec está situado en la parte suroeste del Estado de México, entre las coordenadas geográficas 100°14'20" y 19°13'54" longitud y latitud, respectivamente, colinda al norte con los municipios de Amanalco, Zinacantepec y Valle de Bravo; al este con Coatepec Harinas; hacia el sur con Texcaltitlán y Tejupilco; y al oeste con el municipio de Zacazonapan (Figura 1).

El sistema de topoformas que predomina en el área de influencia está constituido por sierras pertenecientes a la subprovincia de la Depresión del Balsas y a la Provincia de la Sierra Madre del Sur, compuesta por laderas que tienen pendientes de 5 a 25% (Serrano, 2018).

Un clima templado subhúmedo C (w2), cubre aproximadamente el 54% de la superficie, seguido de un clima semicálido tropical lluvioso ACw2, clima semifrío subhúmedo con verano fresco y finalmente el clima tropical lluvioso con lluvias en verano A (w1) (Clasificación climática según Köppen modificada por García, 1998).

La hidrología está constituida por ríos, arroyos y manantiales que son afluentes del río Cutzamala, mismo que desemboca en el río Balsas, dicha región tiene una superficie territorial de 117 308 km² (CONAGUA, 2024).



En el municipio confluyen dos provincias geológicas: la Sierra Volcánica Transversal y la Sierra Madre del Sur. En primer lugar, se caracterizan por ser un conjunto de rocas volcánicas que datan de 35 millones de años de antigüedad y, por otro lado, la litología suele ser compleja; rocas intrusivas cristalinas, respectivamente.

Se identifican rocas de tipo volcánica del terciario con el 39.5% de la superficie total, roca volcánica del plioceno cuaternario presente en un 29.33% del territorio, rocas clásicas que cubren el 18.46% y en menor porcentaje, rocas cársticas, extrusivas, sedimentarias y carbonatas (H. Ayuntamiento de Temascaltepec, 2016).

Las rocas que conforman el municipio de Temascaltepec datan del Neógeno (23-5 millones de años, 53.40%) Cuaternario (2.5 millones de años, 37.3%) y Cretácico (175-66 millones de años, 3.21) (Tabla 1 y Figura 2)).

Tabla 1. Representación esquemática de las unidades litológicas del municipio de Temascaltepec.

Unidades litológicas	
Ígnea extrusiva	Basalto (33.19%), andesita (19.87%), riolita (6.97%), dacita-toba ácida (1.95%), toba básica (1.6%), brecha volcánica ácida (0.79%), brecha volcánica básica (0.28%), toba ácida-brecha volcánica ácida (0.13%) y toba ácida (0.07%).
Ígnea intrusiva	Granito (3.21%) Sedimentaria: brecha sedimentaria (23.69%).
Metamórfica	Metasedimentaria (4.19%) y esquisto (1.65%) Suelo: aluvial (1.24%)

Fuente: Tomado de Serrano (2018).

La litología que conforma la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana abarca la parte norte del estado y se caracteriza por tener en su mayoría rocas volcánicas cenozoicas que datan del Paleógeno-Neógeno y Cuaternario, no obstante, se han encontrado indicios de la existencia de afloramientos de rocas del triásico como filitas y pizarras (CONAGUA, 2024).

Con respecto al riesgo por deslizamiento, las pendientes con menor inclinación van de 20° a 25°, es decir, son zonas menos susceptibles a los deslizamientos, por el contrario, las pendientes que se encuentran arriba de 40° pertenecen a zonas de alto riesgo de deslizamientos (Serrano, 2018) (Figura 3).

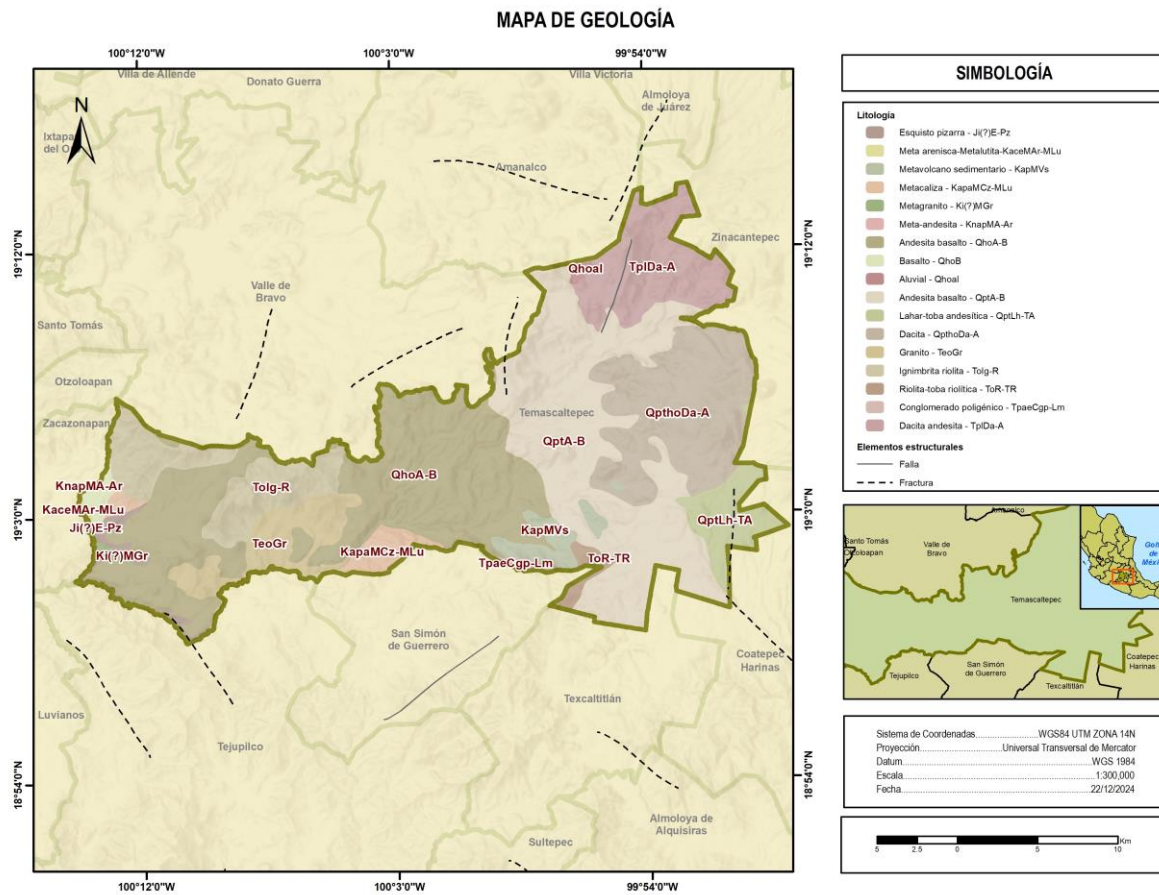


Figura 2. Mapa geológico del municipio de Temascaltepec.

Fuente: Tomado de SGM (2018).

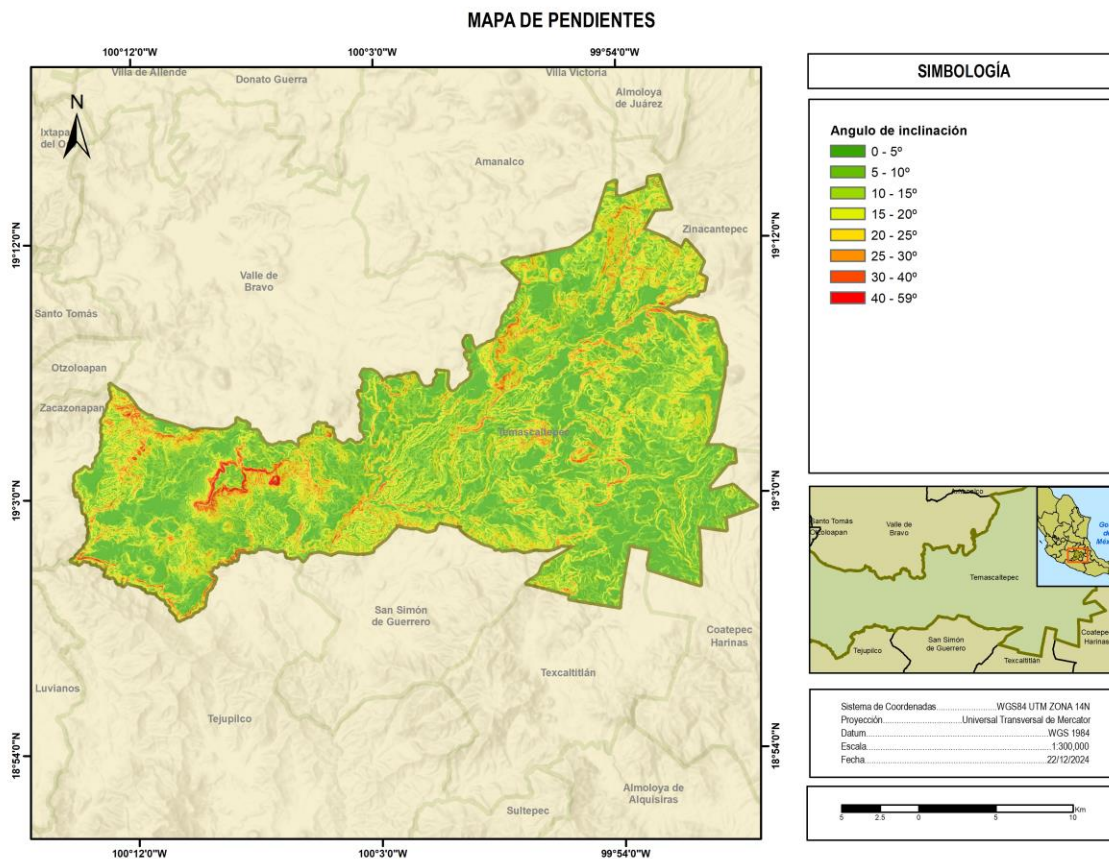


Figura 3. Mapa de pendientes del municipio de Temascaltepec.

Fuente: Elaboración propia

2. Metodología

Antes de precisar el desarrollo metodológico del trabajo, es conveniente señalar que la investigación tiene un enfoque cualitativo por la naturaleza de la información requerida, la cual precisa de observación directa, así como de levantamiento de datos para su procesamiento e interpretación.

A partir de este enfoque se determinó que el alcance de la investigación es de índole explicativa, es por ello por lo que la metodología propuesta requiere un desarrollo metódico que permita la adecuada consecución de los objetivos planteados.

Dicho lo anterior, el presente estudio se compone de dos fases: (1) Trabajo interpretativo y (2) Trabajo de campo. A sí mismo, se realizó la descripción de las fuentes de información consultadas como las Cartas Temáticas de INEGI, usando el software de procesamiento QGIS versión 3.10.14 para la geolocalización y verificación de la información y finalmente el trabajo de campo (Figura 4).

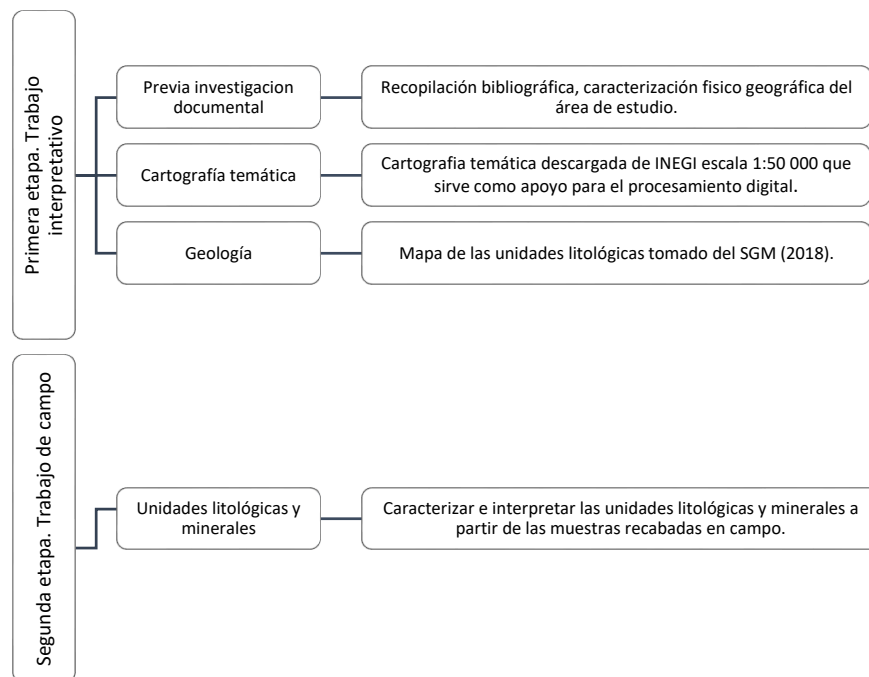


Figura 4. Secuencia Metodológica.

Fuente: Elaboración propia

2.1. Cartas temáticas INEGI 1:50,000

El SIG ha sido integrado por una serie de capas geográficas básicas como relieve, corrientes de agua, límites estatales y municipales, todas provenientes de la cartografía generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a escala 1:50 000.

2.2. Software de procesamiento QGIS versión 3.10.14

En el procesamiento, se utilizaron capas correspondientes a diversos factores tales como edafología, geología, tipo de clima y pendiente, las cuales se han obtenido de varias fuentes como INEGI y la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Hay que mencionar además que, la cartografía que no ha estado disponible para su descarga en formato shapefile, se ha generado desde la digitalización de las cartas temáticas que ofrece INEGI, a una escala 1: 50 000 del área de estudio.

2.3 Investigación documental

En palabras de Alfonso (1995), la investigación documental es un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos de acuerdo con un tema en específico.

Citando a Kaufman y Rodríguez (1993), este tipo de análisis se dispone, principalmente, de estudios, que son el resultado de trabajos previos que nos ayudan a justificar la base teórica del área objeto de investigación, lo que nos permite construir información actualizada a partir del análisis, reflexión e interpretación de dichos documentos (Figura 5).

Por consiguiente, el presente documento se basa en investigaciones documentales tomadas principalmente de Antoni Camprubí, quién publicó en 1998 su tesis doctoral “Los depósitos epitermales de Ag-Au de Temascaltepec (Estado de México) México”, seguido de ello, en el año 2003 redactó el artículo “Geoquímica de fluidos epitermales del sureste del Distrito de Temascaltepec, Estado de México”, y finalmente, en 2006 difundió una recopilación actualizada de los depósitos epitermales en México, sirviendo como aporte a los trabajos ya expuestos.

Al mismo tiempo y como se mencionó con anterioridad, la metodología consistió en la combinación de enfoques con predominancia cualitativa y un diseño basado en la teoría fundamentada. Es decir, bases de datos del Censo de Población y Vivienda (2020),

documentos elaborados por parte del H. Ayuntamiento de Temascaltepec (2019) y fuentes que nos brindara información acerca de la caracterización físico-geográfica del municipio.

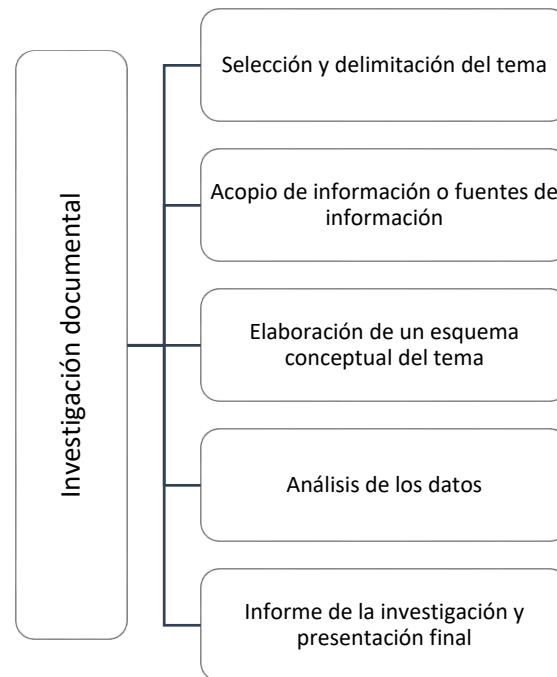


Figura 5. Pasos de la investigación documental.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Trabajo geográfico y geológico de campo

En este punto y para cumplir los objetivos propuestos con anterioridad, se propuso un plan de trabajo conformado por dos etapas a realizar consecutivamente:

La primera etapa consistió en llevar a cabo los trabajos interpretativos, previa recopilación y análisis de las características físico-geográficas del área de interés, incluyendo cartografía tomada del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) escala 1:50 000. Posterior a ello, se realizó el reconocimiento de campo y muestreo de las unidades geológicas aflorantes de los distintos tipos litológicos.

La segunda etapa consistió en realizar un análisis de los datos y la información recabada en la primera etapa, para poder verificar y comparar los datos que se encontraron en el trabajo

en campo, logrando sintetizar las características tan particulares de la geología y mineralizaciones de la zona de estudio. Finalmente, se integró toda la información obtenida (base de datos geológica, información documental e información de campo) y se realizó la conclusión.

3. Resultados

3.1. Mineralogía

Como señala Montero (1985) la mineralogía del municipio de Temascaltepec consiste en yacimientos ricos en sulfuro de hierro, plomo, zinc y cobre. Dichos sulfuros han sido los más abundantes en la entidad y conforman cerca del 70% en volumen.

Al mismo tiempo, la calcopirita se observa en forma de reemplazamiento en pirrotita y en exsolución con blenda. Cabe mencionar que la galena es de los minerales menos abundantes en la región, aunque está presente en zonas muy particulares. Por otro lado, y en menor porcentaje se reconoce la covelita, bornita y argentita (Colorado-Liévano, 1979).

A su vez, Luna (1988), desarrolló un muestreo que le permitió identificar diversas variedades de cuarzo. 1) Cuarzo blanco: de aspecto masivo, color blanco “lechoso” no presenta bandeamiento. 2) Cuarzo bandeado: tiene diversas tonalidades que varían generalmente de blanco a beige. 3) Cuarzo gris: la mineralización en este tipo de cuarzo es diseminada, en hilos de sulfuros y fragmentos de sulfuros básicos. Mencionar además que, la mineralización de cuarzo también se encontró en fracturas que cortan la estructura y en ocasiones en zonas de oxidación (Figura 6).

Continuando con el análisis Vélez (1986), llevó a cabo un estudio únicamente para los minerales opacos, preparando así superficies pulidas las cuales fueron estudiadas con ayuda de la microscopia y microsonda electrónica. (1) Galeana: presenta una disolución parcial a lo largo de su crucero, acompañada de depósitos de esfalerita. (2) Esfalerita: se observó una textura botroidal que alcanza a medir hasta 500 micras. (3) Pirita: contiene

inclusiones en galena y esfalerita. (4) Hematita: se presenta en finas agujas libres (60%) o incluidas en cristales de pirita. (5) Plata: se identificó en algunas fracturas en donde la percolación del agua es continua. (6) Oro: se reconoce que existe una alta probabilidad de que el oro sea el resultado de un enriquecimiento supergénico.

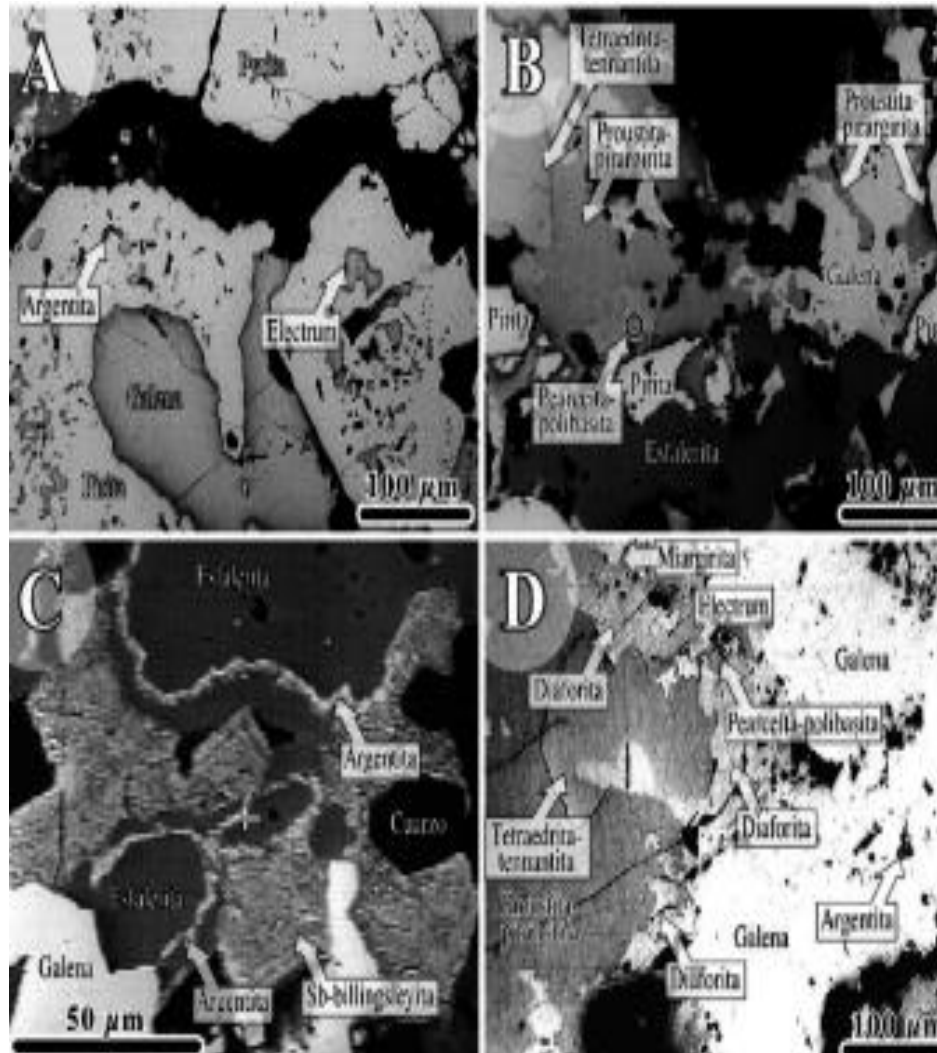


Figura 6. Secciones delgadas donde se observa cuarzo en fracturas y zonas de oxidación.

Fuente: Tomado y modificado de Camprubí y Albinson (2007).

Mientras tanto, Cárdenas y Martínez-Pérez (1947) y García-Rodríguez (1982), mencionan que los minerales con mayor porcentaje predominan en zonas como Real de Arriba y Mina

de Agua, zonas con una alta riqueza en yacimientos, dando lugar a minerales como la argentita, proustita-pirargirita, galena, argenífera, esfalerita, calcopirita, estibina, sulfosales de Ag-Pb, plata nativa y, muy localmente, oro nativo.

Tomando en consideración lo anterior, y tras varios muestreos efectuados, Camprubí (2003) ratificó que ha sido imposible identificar las menas portadoras de plata, sin embargo, se reconoció una asociación que parece estar relacionada con minerales de cobre con contenido en calcosina, pirita, idaita, digenita con cuarzo y calcita con minerales de ganga.

Debido a las limitaciones de los muestreos efectuados por Camprubí (2003) y a la avanzada alteración supergénica desarrollada en la zona, ha sido complejo observar con detalle la mineralogía de la misma, sin embargo, se ha podido encontrar asociaciones primarias que contienen cuarzo, pirita, bornita, calcopirita y calcita, siendo el resto de los minerales producto de la misma alteración (Figura 7).

Del mismo modo, Camprubí (1999) realizó un microanálisis donde pudo determinar por medio de electrones las composiciones químicas de los minerales, se encontraron porcentajes de esfalerita con contenido de calcopirita y argentita, miargirita asociado a proustita-pirargirita, estos últimos se encuentran dentro de los minerales de mena, la serie mineral muestra composiciones de proustita pura y pirargirita casi pura, esta última siendo el más abundante.

Además, se identificó la presencia de tetraedrita argentina-tenantita, su composición general puede considerarse como una mezcla entre freibergita, argentotennantita y giraudita. De igual manera se analizó el contenido en Pb-Ag y Pb, al finalizar este análisis se encontró un greenockita, mineral poco común de baja sulfuración en depósitos epitermales (Camprubí, 1999).

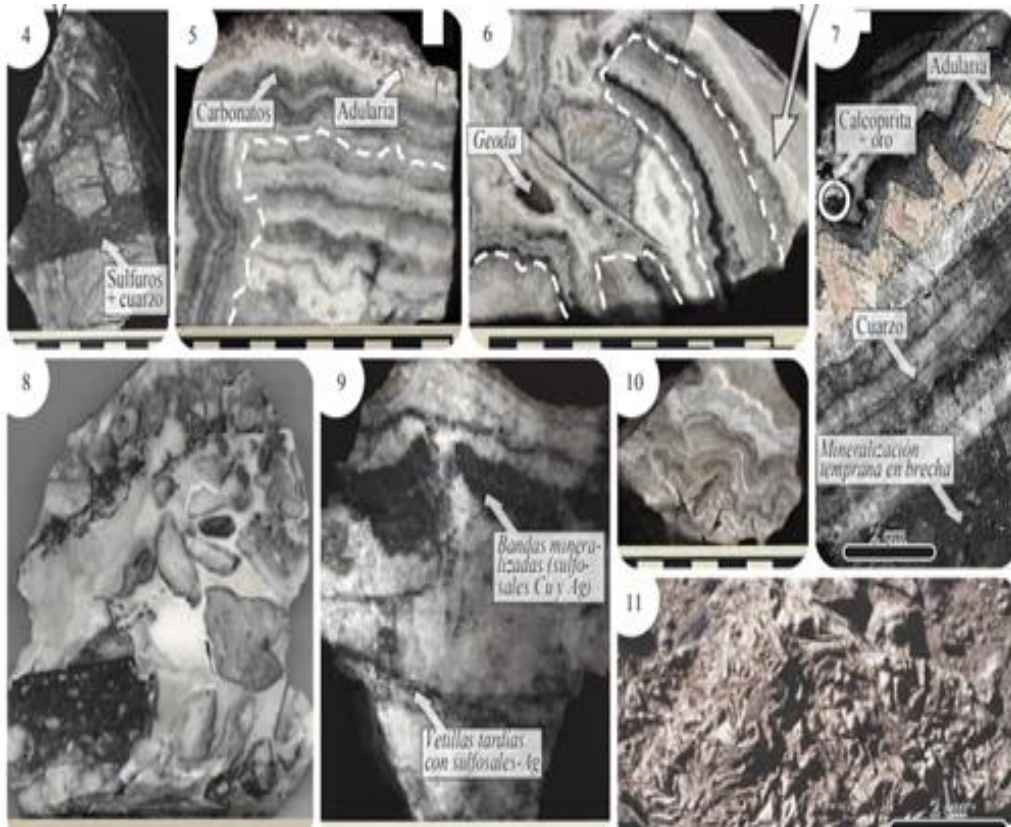


Figura 7. Secciones delgadas donde se observa la presencia de carbonatos, calcopirita y cuarzo en mineralización temprana en brechas y bandas mineralizadas.

Fuente: Tomado de Camprubí (2006).

Llegados a este punto, consideremos ahora el trabajo realizado en campo, en efecto, se encontraron muestras de cuarzo blanco y bandeado megascópicamente, se reconocen micas y óxidos de hierro, donde A y B representan cuarzos bandeados con diversas tonalidades que varían generalmente de blanco a beige en hilos de sulfuros y fragmentos de sulfuros básicos, C y E rocas graníticas y donde D y F presentan un nivel medio de intemperismo con actividad de agentes externos (Figura 8).

Dicho lo anterior, se infiere que estos minerales son el producto de la descarga de aguas hidrotermales en el fondo marino, durante este proceso se reconoció la precipitación de sílice, formándose el cuarzo, el cual cristaliza en primer lugar en los intersticios que se

encuentran entre los minerales, mismos que a través del tiempo y los procesos geológicos fueron modificando sus propiedades físicas y químicas.

Habría que decir también, que existe un alto contenido de calcita, grafito y muscovita, aunque el tamaño de los cristales varía, se entiende que en general van de 0.02 a 0.08 mm, así mismo, se observan fenocristales de feldespato. Es decir, en contraste con la información bibliográfica que hemos leído hasta ahora y el trabajo realizado en campo, se considera que es probable que dichos minerales sean producto de la extrusión de las lavas andesíticas y los procesos que han ocurrido a lo largo de los años en la SMO.

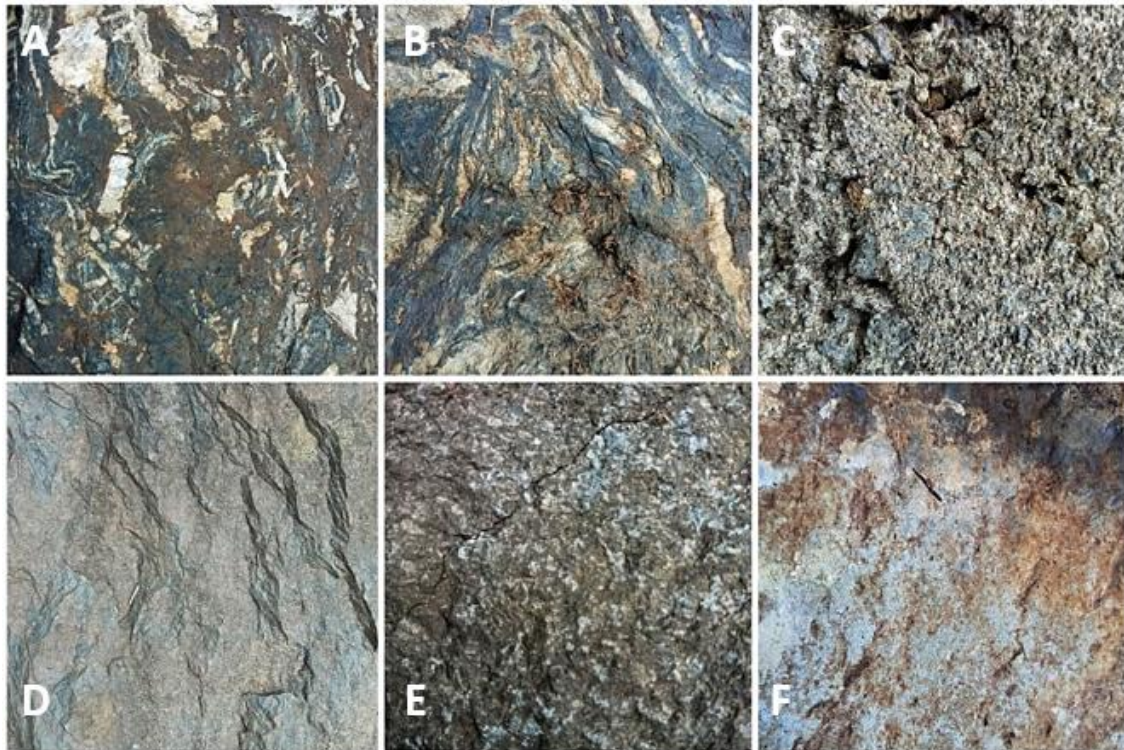


Figura 8. Foto tomada en el afloramiento donde se observan intersticios de cuarzo y grado de intemperismo.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Estratigrafía

La secuencia vulcanosedimentaria metamorfozada que constituye el municipio, se ha considerado en trabajos previos como de edad Paleozoico Superior, y que simultáneamente parte de esta secuencia pudo haber sido invertida y repetida tectónicamente antes del metamorfismo (Parga, 1981).

Así pues, las rocas expuestas en la entidad forman parte de la secuencia vulcanosedimentaria matamorfozada que afloran en estados como Guerrero, Michoacán y el Estado de México (Campa et al, 1974). La secuencia estratigráfica que compone dichos lugares y que establece el Servicio Geológico Mexicano (SGM) está compuesta por el terreno Teloloapan del Mesozoico.

Dicho lo anterior, en la tabla 2 se presenta una breve descripción de las unidades estratigráficas tomadas de diferentes fuentes citadas en la parte inferior de la citada tabla.

Tabla 2. Representación esquemática de las unidades estratigráficas

Secuencia estratigráfica	
Amatepec Teloloapan Augengneis (Agn)	Esta unidad se encuentra en la parte más baja de toda la secuencia, sobreyacen en forma discordante esquistos cuarzo-feldespáticos y en menor proporción también le cubren filitas gráficas y esquistos de muscovita-clorita.
Formación Andao Esquito Cuarzo- Feldespático (Eqm)	Esta unidad sobreyace en contacto discordante al Augengneis (Agn) y le sobreyacen concordante y gradualmente esquistos de muscovita-clorita-granate y filitas gráficas.
Filitas Temascaltepec	Conjunto de filitas gráficas de más de 2 000 m de espesor con esquistos de clorita-granate, junto con los basaltos del Cuaternario. La sobreyacen de manera concordante esquistos de clorita-muscovita (Esquistos Campanario) y en forma discordante limolitas, conglomerados, tobas y brechas tectónicas del Terciario (Grupo Balsas).
Esquito de Biotita y Tremolita Actinolita (Ebta)	Esta unidad se encuentra en forma de cuerpos lenticulares de unos metros hasta cerca de 500 m de espesor. Afloran principalmente en el río Temascaltepec y se originaron a partir de tobas de composición intermedia a básica depositadas en un ambiente marino.
Esquito Campanario (Ec)	Constituido por un paquete de 1,500 m de espesor de gran heterogeneidad litológica que comprende principalmente esquistos de clorita-muscovita-biotita y se encuentran intercalados con filita gráficas y metacalizas.
Metafelsitas (Mf).	Consiste en un paquete de rocas volcánicas de composición riolítica que se encuentra afectado por metamorfismo de bajo grado (facies de esquisto verde), el origen de estas rocas presenta eminencia volcánica, emplazadas en un ambiente marino.

Filitas gráficas y sericíticas (Fgs)	Estas filitas gráficas (Fgs) sobreyacen en forma concordante Metacalizas (Mcz) y hacia el oriente de la mina Santa Rosa en forma alternante esquistos verdes (Evll), en ambas localidades las filitas sobreyacen en aparente discordancia a Metafelsitas, su espesor varía entre 20 y 190 m.
Esquistos Verdes El Llano (Evll)	El espesor máximo de esta unidad es de 400 m, estos esquistos sobreyacen en forma alternante a las filitas gráficas y sericíticas. El origen surgió a partir de tobas híbridas que se depositaron entre los sedimentos pelíticos y lodos calcáreos.
Filitas gráficas y calcáreas (Fgc)	La secuencia está constituida por rocas de color gris a gris oscuro, dependiendo del contenido de grafito, en bandas intercaladas con bandas de sericita y granos xenoblásticos de cuarzo con un espesor de 20 a 200 m.
Formación Mexicala Metacalizas (Mcz)	Esta unidad aflora en dos franjas uniformes con rumbo NW-SE; está constituida por metacalizas de color gris oscuro foliadas y recrystalizadas, con filitas calcáreas hacia el basamento. Se identificaron procesos de intemperismo puesto que presentan un color gris claro sin perder su compacidad.
Formación Amatepec (Kia)	Secuencia de calizas con intercalaciones de estratos delgados de grauvacas y areniscas calcáreas, presentan un metamorfismo de bajo grado a muy bajo grado (de facies de esquistos verdes a anquimetamorfismo) el espesor máximo es de 400 m.
Formación Xochipala Miembro Inferior (Rv)	Constituido por un conjunto de rocas volcánicas de composición intermedia débilmente metamorfoseadas, con un grosor de más de 300 m de espesor, en ocasiones presentan estructura brechoide y horizontes de lavas almohadillas.
Formación Xochipala, Miembro Superior (Ksxs)	Está conformado por calizas negras en estratos delgados con intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas, afectadas por metamorfismo de muy bajo grado con un espesor aproximado de 800 m.
Formación Xochipala Andesitas Cretácitas (Kand)	Son cuerpos que principalmente se observan en forma concordante a la foliación (sills) de las rocas que los encajonan, se han reconocido principalmente por los diferentes barrenos con diamante efectuados en las áreas de Tizapa y Santa Rosa.
Formación Arcelia (Ksm)	Formada a partir del Cretácico Superior, constituye un conjunto de andesitas basálticas con estructuras en almohadilla, con intercalaciones de limolitas y lutitas principalmente hacia la cima y con algunos intervalos de calizas impuras en estratos delgados.
Formación Balsas (Gb)	Formada por calizas lacustres, conglomerados, brechas, areniscas, limolitas, lutitas, lavas y tobas andesíticas de edad Eoceno-Oligoceno, estas rocas se caracterizan porque forman arroyos con valles en forma de "U" de 15 a 20 m de profundidad.
Formación malpaso Rocas Ígneas Intrusivas (Adamellita, Granito y Diorita)	Son parte de un gran tronco de composición ácida de edad Terciario Inferior, probablemente del Oligoceno, con un contenido de granito al NE, de adamellita hacia el SW y con variaciones de diorita más hacia el occidente.
Rocas Ígneas Extrusivas	Compuesto por un gran volumen de rocas volcánicas de composición riolítica, variando su estructura desde riolita fluidal, tobas, vitrófidos, ignimbritas y lavas, diques de dolerita, andesitas y basaltos, manifestados principalmente como derrames de lava.
Sedimentos Lacustres y Conglomerados (Slc)	El espesor de estos depósitos continentales varía de 6 a 20 m, de edad Plioceno-Pleistoceno, afloran exclusivamente al norte de la mina Tizapa, comúnmente podemos encontrar arenas, arcillas, aglomerados, tobas y conglomerados con fragmentos de riolita, andesita y basalto.

Fuente: Tomado y modificado de Fries (1957), Campa (1979), Parga (1981), Elías (1981), Cserna (1985) y Montero (1985).

ERA	PERÍODO	EPOCA	ZACAZONAPAN TEMASCALTEPEC	HUETAMO	AMATEPEC TELOLOAPAN	HOJA CUERNAVACA	
Cuaternario	Pleistoceno			Aluvion	Aluvion y basaltos	Aluvion basaltos chichinautzin	
	Plioceno		Y And. Basálticas, sedimentos lacustres y conglomerados			Formación cuernavaca and. Zempoala	
Terciario	Mioceno		Tobas ignimbritas y lavas riolíticas	Serie volcánica characharando	Riolitas, andesitas y tobas	And. Tepoztlán	
	Oligoceno		Adamellita granito			Riolita tilzapotla	
	Eoceno		Andesitas grupo balsas	Grupo balsas	Grupo balsas	Grupo balsas	
	Paleoceno						
Cretacico	SUPERIOR INFERIOR	Damiense					
		Maastrichtiense					
		Campaniense	Formación malpaso	Formación malpaso	Formación malpaso Formación Mexicala	Formación Mexicala	
		Santonienense					
		Coniaciense					
		Turonienense	Formación			Formación Xochipala	Formación Cuautla
		Cenomanienense	Xochipala				
		Albiano	Formación	Formación morelos	Formación Amatepec Fm. Morelos	Formación Morelos	
		Aptiano	Amatepec				
Neocomiano	Metacalzas	Formación San Lucas					
Jurasico	Sup.		Filitas grafiticas esquistos verdes filitas grafiticas esquisto	Formación Andao			
	Inf.		campanario F. Temascaltepec, cuarzo		Roca verde taxo viejo		
Triasico							
Paleozoico					Esquisto Taxco		
	No deposito						

Fuente: Tomado y modificado de Parga (1959).

60

la subprovincia Cuenca del Balsas, misma que se localiza en la zona y sobre la porción sur de la entidad.

De ahí que, CONAGUA (2024), realizó un mapa de la extensión territorial del acuífero ubicado en el municipio de Temascaltepec, mismo que sirve como base para nuestro análisis y que además identifica las rocas más antiguas de esta provincia, en efecto y para ilustrar mejor, indica el ultimo evento volcánico de la región donde se encuentran los derrames del cuaternario compuesto por basaltos y andesitas (Figura 10).

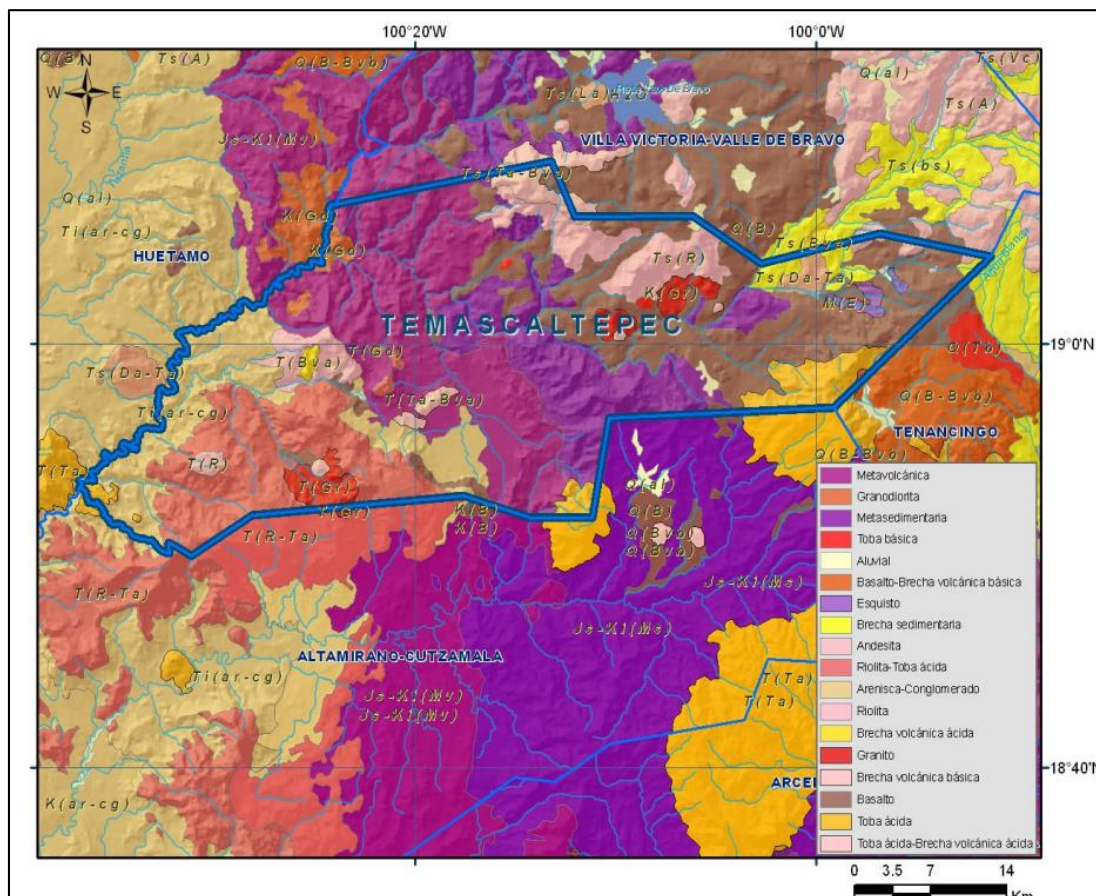


Figura 10. Mapa territorial del acuífero correspondiente al municipio de Temascaltepec.

Fuente: Tomado de CONAGUA (2024)

Así que, como resultado del trabajo de campo, se observa que las calizas y areniscas metamorfoseadas subyacen en forma alternante a lavas andesíticas, se encuentran

fuertemente plegadas mostrando numerosos micropliegues, así mismo, presentan fracturamiento y pequeñas fallas por rompimiento, donde A, B y C muestra un paquete de rocas volcánicas de composición riolítica que se encuentra afectado por metamorfismo de bajo grado (Figura 11).

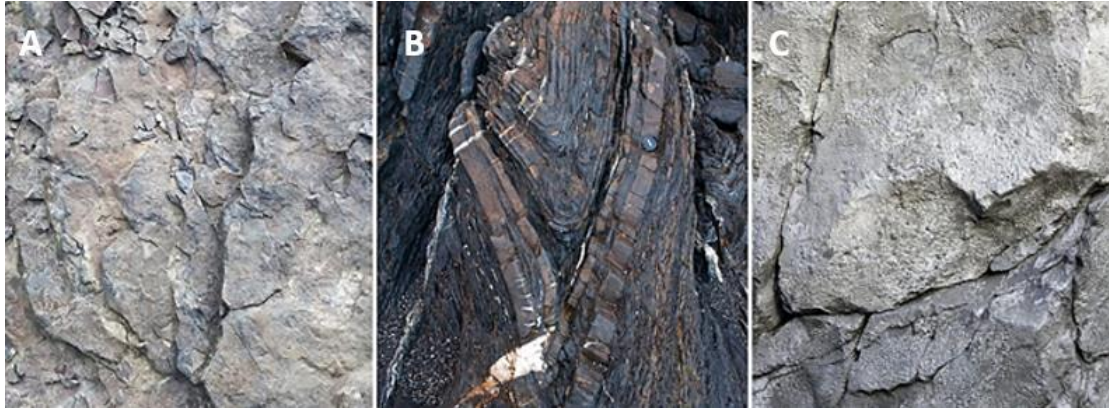


Figura 11. Micropliegues en afloramientos.

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo y una vez comprobado con trabajo de campo, se infiere que la actividad ígnea submarina vuelve a tener lugar en el Cretácico Superior, siendo la composición andesítica la que más prevalece en la zona, es por ello el contacto alternante con los sedimentos calcáreos a los que sobreyace y las estructuras en forma de pillow-lava que se observa en estas rocas.

Todo esto parece confirmar que la secuencia data del Paleozoico Superior, sin embargo, es necesario destacar que las rocas que conforman esta secuencia no son principalmente metamórficas, como resultado previo del trabajo en campo, se identificó que afloran rocas sedimentarias volcánicas en donde la mayoría solo están nombradas unidades litoestratigráficas, en definitiva, sería importante identificar a mayor detalle dichas unidades que podrían funcionar como investigaciones futuras.

3.3. Petrografía

Por otro lado, Montero (1985), se dio a la tarea de describir petrográficamente la zona de estudio, constatando de manera comprobable a través de fotomicrografía y análisis bajo el microscopio petrográfico los resultados obtenidos. Los minerales que se reconocen principalmente son: feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa en forma de porfidoclastos, que se encuentran alineados en una matriz milonítica de cuarzo, biotita, muscovita y minerales arcillosos. En las láminas delgadas se observa porfidoblastos de 1 mm a 5 cm de microclina y pertita, y la matriz que los compone está conformada por bandas orientadas de granos xenoblásticos de cuarzo (25%) feldespatos (20%) con variaciones de filosilicatos (10%). Como parte de los minerales accesorios se observan pirita, marcasita, apatita, zircón, epidota y minerales arcillosos.

Con respecto a los esquistos verdes, los minerales reconocidos son cuarzo, feldespatos, óxidos de hierro y micas formando una sola foliación, son de color gris claro muy compactos, algunos suelen tomar otra tonalidad debido al intemperismo al que estuvieron expuestos. Este tipo de rocas presentan una textura esquistosa formada por bandeamiento de cuarzo (0.05-1mm), feldespatos (1.15mm) y micas (0.1-2mm), algunos de sus cristales están alargados formando bandas orientadas paralelas a los filosilicatos (Figura 12).

Por lo que se refiere a las filitas gráficas, son rocas de color gris mediano a negro con lustre satinado de poco a medianamente compactas, con una excelente foliación, las filitas suelen cambiar de color dependiendo del grado de intemperismo que presenten, se observan bandas de cuarzo de unos milímetros hasta 50 cm, bajo el microscopio petrográfico muestran una textura esquistosa con doble foliación, se pueden reconocer: grafito, cuarzo, muscovita, óxidos de hierro y pirita (Montero, 1985).

En cuanto a los esquistos con biotita y tremolita-actinolita, Montero (1985) los describe como rocas de color verde a verde oscuro muy compactas, generalmente contienen pirita o pirrotita diseminada (Figura 13). Los esquistos de biotita consisten en porfidoclastos de

plagioclasas (0.2-2mm) rodeados por una matriz foliada, constituida principalmente por granos de cuarzo (0.01-0.1mm) y cristales de clorita (0.01-0.05mm). El cuarzo (30-60%) se observa en mosaicos granoblásticos formando bandas junto con la muscovita.

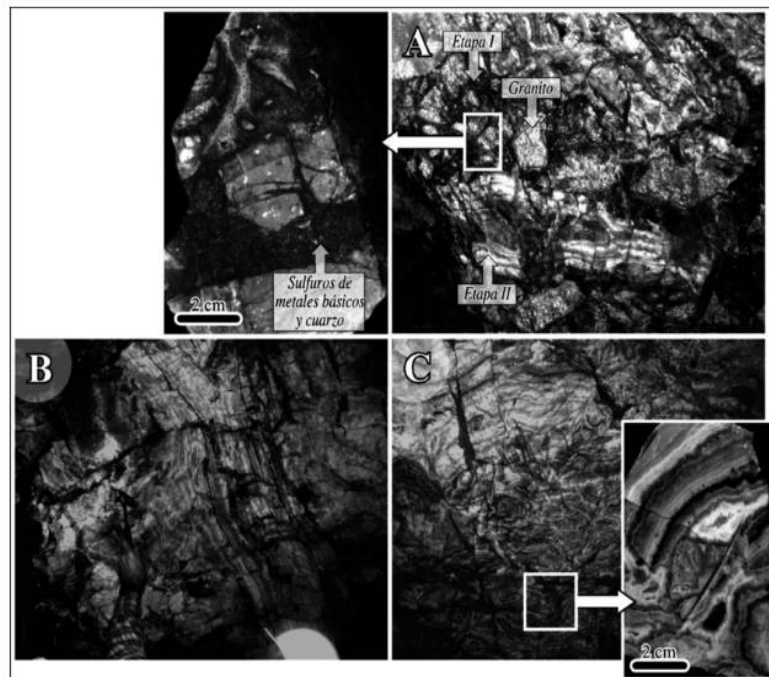


Figura 12. Rocas graníticas encanjonantes con presencia de cuarzo en láminas delgadas.

Fuente: Tomado y modificado de Camprubí y Albinson (2006)

En lo que corresponde a las metacalizas, megascópicamente presentan una textura esquistosa compuesta de cuarzo, muscovita y óxidos de fierro, son rocas muy compactas de color blanco grisáceo y gris claro con zonas de silicificación, solo se observa una foliación y un crucero de fractura, microscópicamente, está constituida principalmente por bandas de cristales xenoblásticos de cuarzo (30-65%) con extinción ondulante, intercalaciones de bandas de muscovita (20-40%) y escasos porfidoblastos de albita (5%), en menor proporción se reconoce pirita, zircón, leucoxeno y hematita.

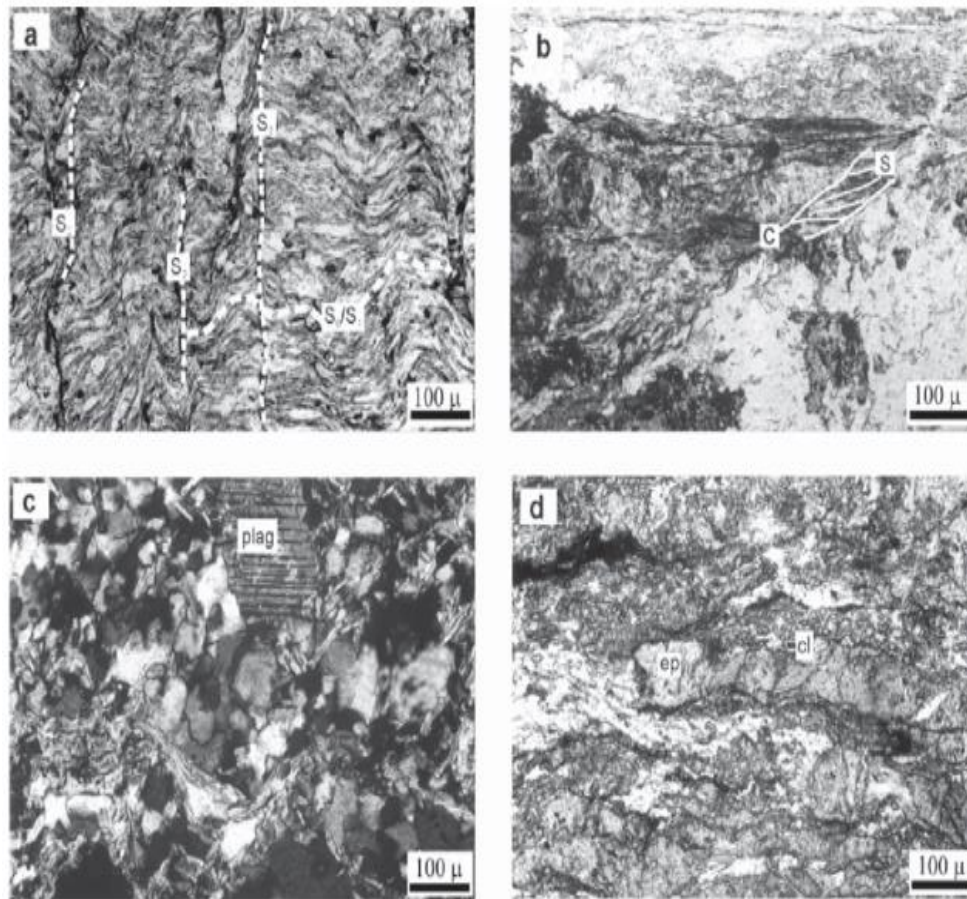


Figura 13. Esquisto muscovítico-clorítico con estructuras planares en láminas delgadas.

Fuente: Tomado y modificado por Montero (1985)

Sobre las calizas que se hallan en la Formación Amatepec son rocas de color gris oscuro, foliadas y recrystalizadas, se reconocen en estratos delgados generalmente plegados con un crucero de fractura asociado a dicho plegamiento y cruzadas en diferentes direcciones por calcita y cuarzo de segregación, se pueden identificar calcita, cuarzo, pirita, minerales arcillosos y materia carbonosa, al microscopio se observan bandas de caliza con algunas bandas de óxidos de fierro.

Por otra parte, el miembro inferior correspondiente a la Formación Xochipala consta de una roca compacta de aspecto arenoso de color verde pistache a gris verdoso, su textura es

porfídica, se observan fenocristales de cuarzo (0.1-2 mm) y plagioclasas (0.1-3 mm), presenta contenido de calcita y pirita fina. Microscópicamente, estas rocas están constituidas por restos de agregados semiradiales de microlitos envueltos en una matriz vítrea, siendo la andesina (65%) el mineral principal que contienen.

A su vez, el miembro superior consiste en un conjunto de calizas de color gris medio a negro muy compactas, se presentan principalmente en estratos delgados, intensamente plegados, se observan hilos de calcita en forma paralela y cortando la estratificación y foliación, el contenido de lutitas y limolitas se identifican en estratos muy delgados de 1 a 5 cm de espesor (Figura 14). En general son de color café claro a oscuro, la mineralogía de las calizas de esta formación consiste en caliza micrítica (60-95%), cuarzo (5%) y plagioclasas (0-25%) (Montero, 1985).

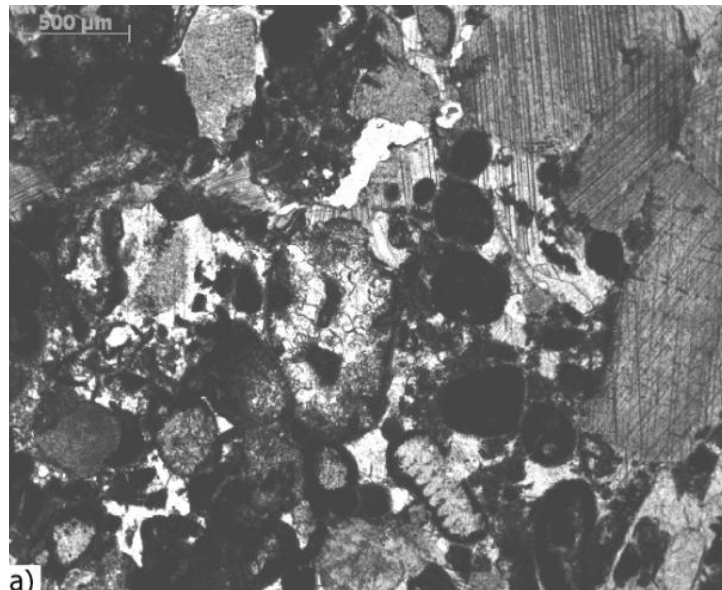


Figura 14. Calizas en estratos intensamente plegados en láminas delgadas.

Fuente: Tomado de Montero (1985).

Se identificaron también brechas de color gris claro de mediana a fuertemente compactas, bajo los efectos del intemperismo adquieren tonalidades amarillentas perdiendo su compactidad. Megascópicamente se observan en las brechas fragmentos de roca angulosos

(de 1 mm a 50 cm) de filitas y en menor proporción cuarzo y feldespatos en una matriz fina. Como menciona Montero (1985) las muestras de secciones delgadas que se tomaron indican un contenido en feldespato potásico en un 10% que van de 1-1.5 mm en tamaño y en cuarzo 4% de 0.7-1.0 mm de diámetro.

Finalmente, Montero (1985) agrega que los depósitos epiclásticos consisten en limos, arenas, conglomerados, tobas y brechas volcánicas. Los limos y arenas son de color café claro, poco consolidados, los conglomerados y brechas volcánicas están constituidos por fragmentos de rocas riolíticas, andesíticas, basálticas y de esquistos y filitas, siendo de composición intermedia y básica.

A pesar de que resultó difícil interpretar a detalle petrográficamente los minerales en campo, fue posible observar megascópicamente cuarzo, muscovita y calizas, generalmente en avanzado estado de intemperización. No se encuentran alteraciones evidentes en los sulfuros a excepción de la oxidación, así mismo, se percibió una textura fina y estructura bandeada, con rasgos de la intervención de agentes externos, en color gris oscuro esfalerita y en amarillo piritita, aunque cabe mencionar que muchas veces el color amarillo se debe al grado de intemperismo que presentan las rocas a través del tiempo, siendo así, A representa toba volcánica con un ligero estado de intemperización, y B y C está compuesto por conglomerados, tobas y brechas volcánicas modificadas por exposición a agentes externos (Figura 15).

Por lo que se refiere a los esquistos verdes que se mencionan en el apartado de Estratigrafía, se debe agregar que se identificaron esquistos de color gris claro muy compactos y bajo los efectos del intemperismo tienden a adquirir un color rojizo, que podría hacernos pensar en otro tipo de litología, como lo son las filitas gráficas.

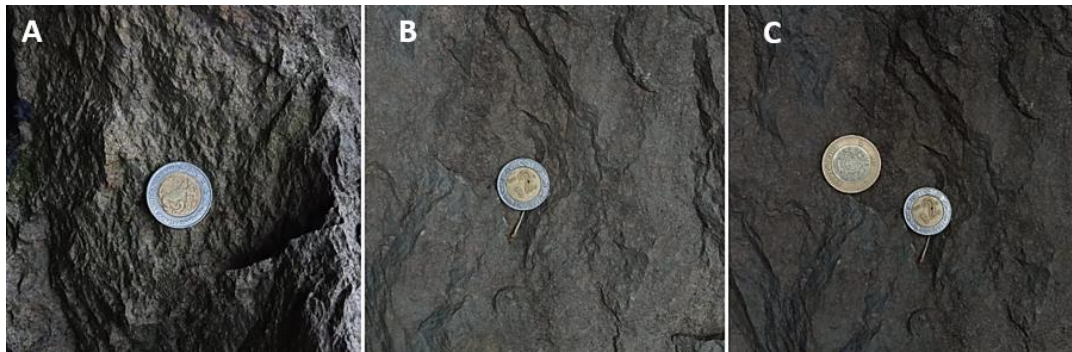


Figura 15. Petrografía megascópicamente.

Fuente: Fotografías tomadas por Stefanni Guadalupe Ruíz Muñoz en fecha 12 de agosto de 2023 (autora).

3.4. Geología estructural

Como plantea Montero (1985) los rasgos más característicos de esta región están constituidos por la Sierra del Peñón y la profunda barranca que ha excavado el río Temascaltepec. Las secuencias mesozoicas sugieren tres episodios de deformación principalmente; las esquistosidades presentan una relación con pliegues isoclinales orientados al NW-SE. En el subterreno Huetamo-Arcelia se identifican estructuras de deformación en su porción basal, mientras que en las porciones superiores sólo presentan pliegues recostados y cabalgaduras.

La deformación frágil se puede observar con presencia de fallas normales de orientación N 40° a 80° E y de N 50° a 80° W. En las secuencias volcánicas cenozoicas las direcciones principales son de N 60° a 90° E, lo cual indica que ocurrió un proceso de compresión en dirección casi subhorizontal con movimientos laterales siniéstrales E-W (CONAGUA, 2024).

En discordancia sobre las unidades mesozoicas se depositan las secuencias volcánicas de la Sierra Madre Occidental ocupando gran parte de la zona centro-oriental. Principalmente se identifican andesitas afectadas por un intrusivo granítico-granodiorítico y en el extremo sureste, aflora una secuencia de conglomerados, areniscas y limolitas correlacionables con la Formación Balsas. Posterior al vulcanismo de la Sierra Madre Occidental se genera el

vulcanismo de la Faja Volcánica Transmexicana distribuido ampliamente en la zona (CONAGUA, 2024).

Por su parte, en la falla del río Temascaltepec se localiza un conjunto de depósitos minerales que se divide en dos bloques desplazados verticalmente, mismos que se piensa que pertenecen a la continuidad de la zona El Coloso hasta Mina de Agua. El sector de Mina de Agua representa el bloque levantado y de formación más profunda en el conjunto de depósitos minerales del distrito, mientras que el sector de El Coloso-La Guitarra representa el bloque hundido, de formación más superficial de los depósitos.

Cárdenas y Martínez-Pérez (1947) documentaron la presencia de más de 30 filones en la zona sureste del distrito de Temascaltepec. Al igual que el conjunto La Guitarra y El Coloso, los filones de la zona de Mina de Agua están relacionados con fracturas de dirección W-E a NW-SE, con longitudes máximas reconocidas de más de 2 km y hasta más de 7 m de potencia (Figura 16).

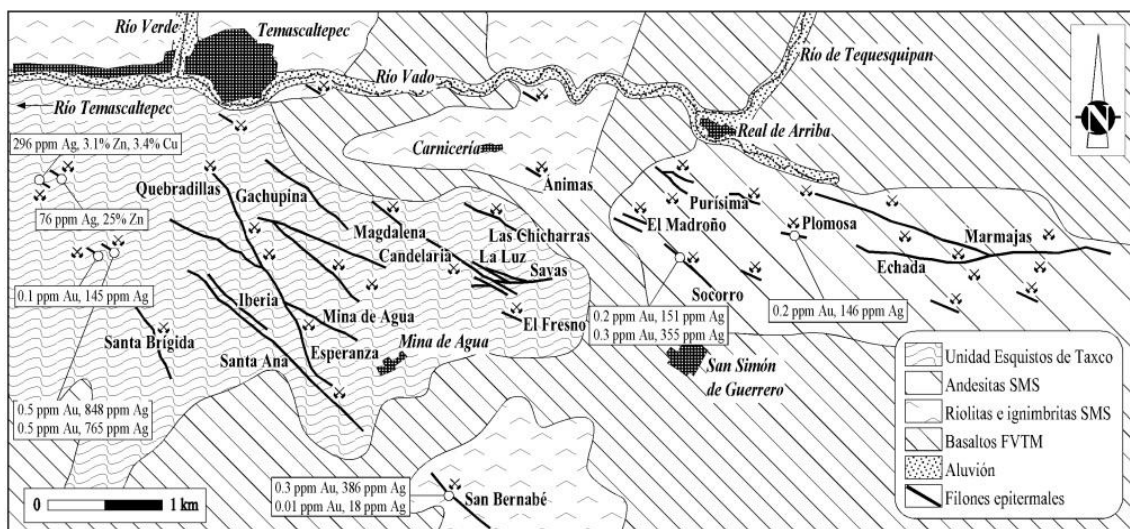


Figura 16. Geología estructural del municipio de Temascaltepec.

Fuente: Tomado y modificado de Cárdenas y Martínez (1947).

Así que, como resultado del trabajo de campo se observaron espesores reducidos de filitas gráficas y su continuidad lateral es muy restringida, cubriendo de forma discordante

brechas tectónicas. El granito es la roca predominante en el yacimiento la Guitarra, es una roca muy compacta, aunque esto depende de la acción de las alteraciones a las que se está expuesta, donde A, B y C, muestran conglomerados, areniscas y limolitas correlacionados con la formación Balsas fuertemente plegados y fallados (Figura 17).



Figura 17. Pliegues localizados en cañón Río Verde, Temascaltepec.

Fuente: Fotos tomadas por los autores, elaboración propia.

Ahora bien, por la naturaleza de la zona de estudio, se considera que presenta una deformación correspondiente a una tectónica superpuesta, en donde se piensa que se llevaron a cabo más de dos etapas de deformación compresiva y deformación distensiva, esto explicaría los conceptos anteriores y las características estratigráficas y mineralógicas que hemos revisado con anterioridad.

3.5. Yacimientos minerales

Según White y Hedenquist (1990), los principales factores que influyen las condiciones físicas de yacimientos minerales corresponden a la geología regional de la zona de estudio, como su estructura, su estratigrafía y la naturaleza de dichas rocas ígneas, además, las características hidrológicas que lo componen y las condiciones de presión y temperatura.

Desde la posición de Moreno (1985) el yacimiento mineral de Tizapa-Santa Rosa, consiste en cuerpos lenticulares de sulfuros masivos bandeados, concordantes con la foliación de

rocas encajonantes, que son filitas gráficas y esquistos de muscovita-clorita en Tizapa y filitas gráficas y calcáreas en Santa Rosa. Por la litología de las rocas encajonantes existe evidencia de que los sulfuros se depositaron en un ambiente geológico marino en una cuenca bajo condiciones reductoras asociada al vulcanismo intermedio, mismo que dio origen a los esquistos explicados con anterioridad.

Asimismo, el yacimiento mineral de La Guitarra, consiste en vetas de cuarzo emplazadas principalmente en el granito y ocasionalmente en brechas tectónicas. Los minerales se encuentran rellenando fracturas en el cuarzo, formando “clavos” con una dimensión vertical de más de 400 m. Las alteraciones hidrotermales observables en el yacimiento son; silicificación, piritización, caolinización, sericitización, cloritización y propilitización.

Ahora bien, dicho en palabras de Camprubí (2003), el distrito de Temascaltepec consta de tres principales zonas con mineralizaciones epitermales de NW a SE: 1) El Coloso 2) La Guitarra 3) Mina de Agua. De acuerdo con el modelo de depósitos epitermales de baja sulfuración de Buchanan (1981), estas tres zonas podrían corresponder respectivamente a la porción superior ($Au > Ag$), media ($Ag > Au$) e inferior rica en metales base (Figura 18).

El sistema Mina de Agua resulta de gran interés en cuanto a la génesis de todo el conjunto de filones epitermales de baja sulfuración comprendidos en el distrito minero de Temascaltepec. En primer lugar, las variaciones económicas destacan que, en comparación con el sistema La Guitarra, se trata de filones con pobres contenidos de oro y altos contenidos de metales base y plata. En segundo lugar, el evento que dio lugar a la falla normal del río Temascaltepec ocasionó la separación de los filones del distrito en dos bloques, mismos que ya se habían explicado con anterioridad (Buchanan, 1981).

Dado lo anterior, Camprubí (2003), pone de manifiesto mediante muestras analizadas la presencia de tres tipos de fluidos en todas las fases de mineralización de los sistemas previamente mencionados: fluidos magmáticos, aguas meteóricas de circulación profunda

y aguas meteóricas superficiales, las muestras presentan relaciones que indican tanto componentes de aguas “andesíticas” como meteóricas.

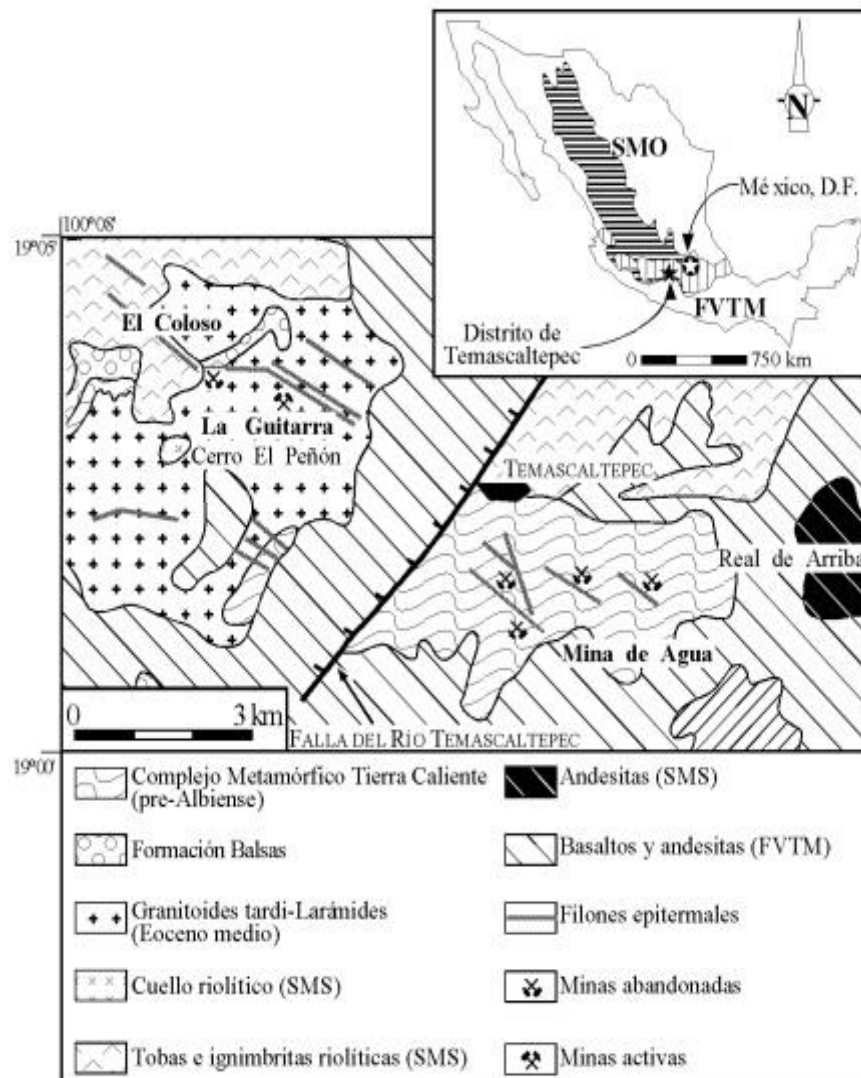


Figura 18. Localización de las mineralizaciones en el municipio de Temascaltepec.

Fuente: Tomado y modificado de Bernal et al. (1980) y González-Partida (1981).

Llegados a este punto y para analizar el trabajo realizado en campo, se observó una brecha con fragmentos de rocas graníticas encajonantes con presencia de cuarzo y en menor proporción amatista, a su vez, se pudo identificar que todas las asociaciones mencionadas

en este apartado, son remplazadas mayormente por minerales secundarios que son más penetrativos en la matriz que en los cristales de la roca, donde la Figura 19A, Figura 19B y Figura 19C muestran cristales de cuarzo relleno los intersticios de la matriz, sulfuros masivos bandeados. D muestra el grado medio de intemperización en conglomerados. E y F representan rocas graníticas.

Así mismo, al realizar las tomas fotográficas de campo, se infirió que los fenocristales de feldespato potásico fueron parcialmente remplazados por cuarzo microcristalino y observando simultáneamente la veta localizada en La Guitarra, se encontraron asociaciones complejas de sulfuros de metales básicos como minerales metálicos (Figura 19).

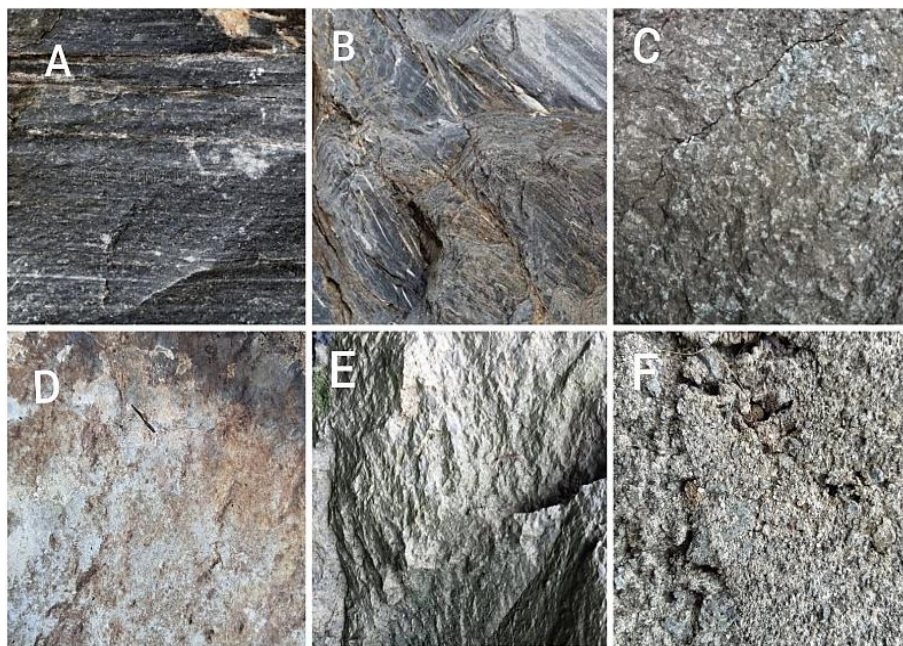


Figura 19. Estratigrafía de yacimientos minerales localizados en el área de estudio.

Fuente: Fotografías tomadas por Stefanni Guadalupe Ruíz Muñoz en fecha 12 de agosto de 2023 (autora).

4. Discusión

Es evidente que el distrito minero atravesó una serie de etapas que responden a los patrones geológicos que se presentan en el territorio, mismos que comparten un vínculo

innegable con los distritos mineros de Guanajuato, Taxco, Zacatecas, Fresnillo y Pachuca-Real del Monte.

Las muestras indican altos contenidos en cuarzo, lo cual evidencia que ocurrió un proceso de vulcanismo y subducción que dieron origen a fluidos magmáticos y aguas meteóricas. Se pone de manifiesto en primer lugar, la existencia de filones hidrotermales, y considerando la presencia de la falla Temascaltepec, la cual, debería de ser uno de los primeros factores a tomar en cuenta para reconstruir la historia geológica, además de los análisis pertinentes.

La litología fue expuesta a temperaturas muy elevadas, por lo que, en contraste con lo investigado años anteriores, se puede inferir que habría que realizar más análisis que nos permitan discriminar procesos geológicos que suscitaron la mezcla progresiva de los fluidos hidrotermales con aguas meteóricas más frías y menos salinas y sí es que hubo una mezcla adicional que se involucró con dichos procesos.

Es posible que los sistemas hidrotermales se hayan formado simultáneamente como respuesta de un mismo sistema, sin embargo, el sistema Mina de Agua representa la parte más profunda de todo el conjunto, por lo que probablemente las características de las asociaciones minerales podrían variar en menor porcentaje.

La distribución de las rocas volcánicas, sedimentarias, los depósitos minerales y el patrón estructural es producto de los eventos de deformación que afectaron rocas terciarias y originaron la morfología actual de la región.

5. Conclusiones

En consecuencia, resulta complejo identificar un distrito minero como lo es el municipio de Temascaltepec, pues dada su importancia en la historia evolutiva ha sido clave fundamental para la reconstrucción geológica de la entidad, no obstante, gracias a los esfuerzos por estudiar esta zona, se han documentado investigaciones que sirven como base para la continuidad de un tema que ha sido más que interesante indagar.

De acuerdo con el análisis y trabajo de campo que se llevó a cabo, se puede constatar que (1) en la mayoría de los eventos, el origen del calor se debe a la existencia de magmas de una profundidad que procede desde el interior de la corteza terrestre (2) la mineralogía que comprende el distrito es el resultado de dichos magmas, mismos que a su vez expulsaron fluidos hidrotermales durante su enfriamiento y cristalización (3) en las regiones en donde los yacimientos conocidos de este tipo son más comunes, se infiere que ocurrieron procesos de subducción, vulcanismo y formaciones que siguen estando activas (y que continúan muy probablemente desde el período Cretácico).

Tomando como referencia lo anterior, es conveniente mencionar que el panorama geológico del municipio es el resultado de las diferentes variedades de yacimientos que cambian de acuerdo con la proximidad a la fuente magmática del calor y el ambiente de mineralización.

El distrito ha transitado por diferentes eventos geológicos dieron origen a características específicas como su mineralogía, petrología, estratigrafía y yacimientos minerales. Sin embargo, y aunque los yacimientos epitermales datan del Paleoceno hasta la actualidad, es muy probable que hayan existido yacimientos más antiguos en la entidad y que no hayan sido descubiertos o que fueron erosionados por completo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

6. Referencias

Barraza, C. (2018). Manual para la Presentación de Referencias Bibliográficas de Documentos Impresos y Electrónicos. Obtenido de http://www.utemvirtual.cl/manual_referencias.pdf

Bernal, F., Díaz, R. y García, P., (1980) Informe del proyecto Reserva Minera Nacional Temascaltepec (Au, Ag, Pb, Zn); Municipio de Temascaltepec (1ª. etapa): México, Consejo de Recursos Minerales, Reporte Interno.

- Blanc, N., & Regnaud, H. (2015). ¿La géographie peut-elle être un art plastique comme un autre? *L'Information Géographique*, 79, 97-109. <https://doi.org/10.3917/lig.794.0097>
- Camprubí, A. (1998). Los depósitos epitermales de Ag-Au de Temascaltepec (Estado de México), México [Tesis doctoral]. Universitat de Barcelona.
- Camprubí, A. (2003). Geoquímica de fluidos de los depósitos epitermales del sureste del Distrito de Temascaltepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(2), 1026-8774.
- Camprubí, A. (2006). Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 58(1), 1405-3322. <https://doi.org/10.18268/bsgm2006v58n1a2>
- Cárdenas, S., & Martínez-Pérez, F. (1947). Los yacimientos argentíferos de Temascaltepec, Estado de México. *Comité Directivo Para La Investigación de Los Recursos Minerales de México*, 12, 28.
- Clark, K. F., Damon, P. E., Shafi quillah, M., Ponce, B. F., Cárdenas, D., (1981). Sección geológica-estructural a través de la parte sur de la Sierra Madre Occidental, entre Fresnillo y la costa de Nayarit. *Asociación Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memoria Técnica XIV*, 69-99.
- CONAGUA. (2010). Región Hidrológica 18 Río Balsas. Recuperado 17 de febrero de 2023, de <https://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?p=32>
- CONAGUA. (2024). *Documento de disponibilidad del acuífero del Río Cutzamala*. Comisión Nacional del Agua.
- Damon, P. E., Shafi quillah, M., Clark K., (1983). Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization in Mexico: *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, 1052-1071
- Damon, P. E., Shafiquillah, M., & Clark, K. F. (1981). Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the southern Cordillera. *Arizona Geological Society Digest*, 14, 137-154.
- FAO-UNESCO. (1974). *FAO-Soil Map of the World 1: 5 000 000*. Recuperado 14 de diciembre de 2022, de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/>
- Ferrari, L., Valencia-Moreno, M., & Bryan, S. (2005b). Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 57(3), 1405-3322. <https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a5>
- García, E. (1998). Cartas de Climas, escala 1: 1, 000,000 según el Sistema de Köppen Modificado por García. CONABIO. Recuperado 23 de enero de 2023 de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- González-Partida, E. (1981). La Province filonienne Au-Ag de Taxco-Guanajuato (Mexique) [Thèse de Docteur-Ingenieur]. Institute National Polytechnique de Lorraine.
- H. Ayuntamiento de Temascaltepec. (2009). Órgano Oficial de Difusión del H. Ayuntamiento de Temascaltepec, México. Gaceta Municipal. Recuperado 04 de febrero de 2023, de <https://www.adabi.org.mx/leyArchivos/TEM35.pdf>
- H. Ayuntamiento de Temascaltepec. (2013). Órgano Oficial de Difusión del H. Ayuntamiento de Temascaltepec, México. Gaceta Municipal. Recuperado 13 de enero de 2023, de <http://temascaltepec.gob.mx/gaceta-municipal-del-presupuesto-2018.html>
- H. Ayuntamiento de Temascaltepec. (2016). Órgano Oficial de Difusión del H. Ayuntamiento de Temascaltepec, México. Gaceta Municipal. Recuperado 29 de enero de 2023, de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/bdo/bdo088.pdf>
- H. Ayuntamiento de Temascaltepec. (2019). Órgano Oficial de Difusión del H. Ayuntamiento de Temascaltepec, México. Gaceta Municipal. Recuperado 03 de enero de 2023, de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/bdo/bdo2019/bdo088.pdf>
- IGECM, Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México. (2013). Estadística Básica Municipal de Temascaltepec. IGECM. Recuperado 4 de enero de 2023, de https://igecm.edomex.gob.mx/indole_social
- INEGI. (1975). Carta edafológica escala 1:50 000. Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Descargas>
- INEGI. (2001). Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Recuperado 14 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/>
- INEGI. (2007). Continuo Nacional de Conjunto de Datos Topográficos [Conjunto de datos]. En Información topográfica. <https://www.inegi.org.mx/programas/topografia/50000/>
- INEGI. (2007a). Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM). Recuperado 8 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. (2010). Censo de población y vivienda. Recuperado 04 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- INEGI. (2020). Censo de población y vivienda. Recuperado 10 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Kaufman, A. M., & Rodríguez, M. E. (1993). La escuela y los textos. Letras, 56(90), 0459-1283. <https://teachingpnieb.files.wordpress.com/2017/05/d2-d3-kauffman-2003-la-escuela-y-los-textos.pdf>
- Montero, A. (1985). Estudio de la geografía volcánica de la región central de México. Revista Mexicana de Geografía, 23(4), 45-59.

- Nast, H. J. (2010). Women in the Field: Critical Feminist Methodologies and Theoretical Perspectives. *The Professional Géographie*, 46. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1994.00054.x>
- Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. (Vol. 1). Madrid: Editorial La Muralla, S.A.
- Sauer, C. O. (1987). *La educación de un geógrafo* (Vol. 1). GEOFUN-EPG.
- SERNANP PERÚ. (2015). *SERNANP QGIS Manual*. Recuperado 12 de febrero de 2023 de <https://sernanppqgis.wordpress.com/2015/08/>
- Sotelo, R., González, A., Cruz, G., Moreno, F., & Cruz, G. (2011). Los suelos del Estado de México y su actualización a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2006. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 2007-1132. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i8.538>
- Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la investigación científica* (4.a ed., Vol. 1). Limusa Noriega Editores. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investiga ci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investiga_ci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf)