



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD TICOMAN

“CIENCIAS DE LA TIERRA”

**Seminario de actualización con opción a titulación de “Modelación
Geológica en la Exploración Minera”**

**IMPORTANCIA DE LA CORRELACIÓN DE LOS MODELOS DE
YACIMIENTO TIPO SKARN PARA LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA EN EL
DISTRITO DE MEZCALA, GUERRERO**

Tesina que para obtener el título de Ingeniero Geólogo

PRESENTAN:

Juan Francisco García Trejo

Abigail Moreno Rivero

Rosa María Regino Hernández

COORDINADOR:

Jorge Jaime Mengelle López

ASESORES:

Armando Ernesto Alatorre Campos

Eleazar Rodríguez Galeotte

Ciudad de México

Diciembre 2021



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

Folio
DES/0964/2020

Asunto
Impartición de Seminario.

CDMX, 18 de febrero de 2020

DR. ARTURO ORTIZ UBILLA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Y ARQUITECTURA (ESIA), UNIDAD TICOMÁN
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
P R E S E N T E

SUBDIRECCION ACADEMICA
E.S.I.A.
RECIBIDO
24 FEB 2020
1:00

Con fundamento en el Artículo 44, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional del Instituto Politécnico Nacional; en atención a su oficio DET/2577/2019, le comunico que se autoriza la impartición del Seminario de Actualización con Opción a Titulación:

"MODELACIÓN GEOLÓGICA EN LA EXPLORACIÓN MINERA"

Registro:	DES/ESIA-TIC/S/006/2020
Vigencia del seminario:	18 de febrero de 2020 al 18 de febrero de 2022
Duración:	180 horas.
Período de impartición:	Del 28 de febrero al 05 de junio de 2020
Horario:	viernes de 15:00 a 21:00 y sábados de 9:00 a 15:00 horas.
Sede:	ESIA-TIC
Expositores:	Jorge Jaime Mengelle López, José Eleazar Rodríguez Galeotte y Armando Ernesto Alatorre Campos.

UNIDAD TICOMAN
DEPARTAMENTO DE
FORMACIÓN
INSTITUCIONAL
RECIBIDO
13:37
24 FEB 2020
ARQUITECTURA
INGENIERIA Y

Debiendo observar lo siguiente:

- Enviar la lista inicial oficial de participantes, firmada y sellada por el Coordinador del Seminario y el Subdirector Académico dentro de los primeros diez días hábiles posteriores a la fecha del inicio del seminario.
- En la lista inicial se debe anexar el expediente digitalizado de cada participante, será enviado en un disco anexo, cada archivo deberá contener: Carta de pasante, Carta de cumplimiento del servicio social, Constancia de liberación del inglés e Inscripción del seminario.
- Dar a conocer a los participantes el folio de autorización correspondiente, para trámites de titulación ante la Dirección de Administración Escolar.

E.S.I.A.
UNIDAD TICOMAN
RECIBIDO
21 FEB 2020
Amara 15:40
DIRECCION





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

- Al concluir el programa del seminario enviar la relación de asistencia, de evaluación final y de trabajos finales, en un plazo no mayor a 20 días hábiles, para la emisión de las constancias a los participantes.

Cabe señalar que tanto la información emitida para la autorización de vigencia, como los datos de los participantes utilizados en la emisión de constancias, está sustentada en los anexos adjuntos al oficio enviado por usted, por lo que solicito verificarla a detalle previamente a su trámite.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"La Técnica al Servicio de la Patria"



ING. JUAN MANUEL VELAZQUEZ PETO
DIRECTOR
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Dirección de Educación Superior

c.c.p. Dr. Jorge Toro González. Secretario Académico del IPN.
Lic. Marisela Cabrera Rojas- Directora de la DAE

T. 24007

JMVP/EGCM/ymvn

Página 2 de 2



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Presente

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben Juan Francisco García Trejo, Rosa María Regino Hernández y Abigaíl Moreno Rivero. Manifiesto ser autor (a)(es) y titular(es) de los derechos morales y patrimoniales de la obra

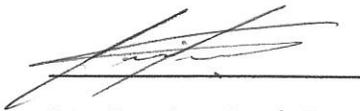
Titulada "Importancia de la correlación de los modelos de yacimiento tipo skarn para la exploración geológica en el distrito de Mezcala, Guerrero", en adelante "LA TESINA" y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor otorgo a el Instituto Politécnico Nacional, en adelante "EL IPN", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales (Publicación en Línea) "La Tesina" por un periodo de (un año) contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a "EL IPN" de su terminación.

En Virtud de lo anterior, "El IPN" deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de "La Tesina".

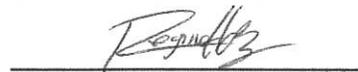
Adicionalmente, y en mi calidad de autor(es) y titular (es) de los derechos morales y patrimoniales de "La Tesis", manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de "La Tesina", por lo que deslindo de toda responsabilidad a "El IPN" en caso de que el contenido de "La Tesina" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, a de 15 de marzo de 2022

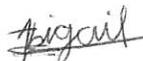
Atentamente



Juan Francisco García Trejo



Rosa María Regino Hernández



Abigaíl Moreno Rivero

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Capítulo 1. Generalidades	12
Justificación	12
Localización.....	14
Objetivos.....	17
Metodología.....	18
Capítulo 2. Marco Geológico	19
Estratigrafía.....	19
Geología Estructural	26
Provincias metalogenéticas	28
Yacimientos minerales.....	29
Capítulo 3. Análisis de información	34
Localidad	34
Geología superficial.....	37
Alteraciones hidrotermales	38
Capítulo 4. Resultados	39
Secciones geológicas.....	44
Distribución de alteraciones.....	50
Modelo 3D.....	51
Modelo Geologico Integral 3D	52
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	55

Índice de Figuras

Figura 1- Localización del estado de Guerrero en la República Mexicana.....	14
Figura 2- Localización de la Región Minera de Mezcala; Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.	15
Figura 3- Mapa del distrito minero de Mezcala y las principales zonas mineras. (González-Partida, 2003)	16
Figura 4- Provincias metalogenéticas y sus principales yacimientos. Servicio Geológico Mexicano (2016)	28
Figura 5- Localización del área de estudio; Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.	39
Figura 6- Puntos Geoquímicos; Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM. ..	40
Figura 7- Ubicación de las secciones geológicas realizadas; Elaboración propia con base a la Carta geologica-minera de Chilpancingo del SGM	44
Figura 8- Imagen satelital con color natural del área de estudio.....	50
Figura 9- Imagen satelital con filtro para observar alteraciones	50
Figura 10- Modelo 3D de la Zona de investigación	51
Figura 11- Modelo Geológico Integral (3D).....	52

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación petrográfica de apófisis en diferentes rocas	24
Tabla 2. Zonas Mineralizadas obtenida de Carta Geológico-minera Chilpancingo E14-8 SGM (1998).....	31
Tabla 3. Regiones mineras del estado de Guerrero con su respectiva mineralización y tipo de yacimiento.....	35
Tabla 4. Regiones mineras del estado de Guerrero con sus Distritos mineros y zonas mineralizadas.....	36
Tabla 5- Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.....	41
Tabla 6- Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.....	42
Tabla 7-Tabla de barrenos sugeridos	52

RESUMEN

El área de estudio se encuentra en el estado de Guerrero, al noroeste de Chilpancingo de los Bravo, abarcando 6 cartas (geológico-mineras escala 1:50,000 del SGM) Apaxtla de Castrejón, Santa Teresa, Tlacotepec, Xochipala, Chichihualco y Chilpancingo; se encuentra en la región minera de Mezcala y la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur. La zona de verificación está ubicada al sur de los municipios de Tlacotepec y Eduardo Neri.

En este trabajo se presentan modelos y secciones realizados con los SIG (sistema de interpretación geográfico) Cadcorp, LeapFrog, Q-Gis, ArcGis, entre otros

A partir de una interpretación de cartografía, secciones geológicas, distribución de alteraciones y leyes del área de estudio se llegó a la conclusión de que la zona de interés elegida contaba con muchas áreas de alteración, lo cual es indicativo de mucha oportunidad de yacimientos con importante contenido mineral y con interés económico.

A pesar de que los problemas sociales son en la actualidad el principal factor para que información estratigráfica, cartográfica, logeos, etc. sean deficientes y por tanto la industria extractiva se vea mermada en estas zonas. La recomendación para esta investigación es la actualización de la información básica de la zona, a la cual con este trabajo esperamos aportar un poco, aunada con un profundo estudio de prospección y alteraciones en el área; sin embargo, esto quedo fuera del alcance de este trabajo.

ABSTRACT

The study area is located in the state of Guerrero, northwest of Chilpancingo de los Bravo, comprising six maps (geological-mining scale 1: 50,000 of the SGM) Apaxtla de Castrejón, Santa Teresa, Tlacotepec, Xochipala, Chichihualco and Chilpancingo; It is located in the Mezcala mining region and the Sierra Madre del Sur physiographic province. The verification zone is located south of the municipalities of Tlacotepec and Eduardo Neri.

This work presents models and sections made with GIS (geographic interpretation system) Cadcorp, LeapFrog, Q-Gis, ArcGis, among others.

From an interpretation of cartography, geological sections, distribution of alterations and grades of the study area, it was concluded that the chosen area of interest had many areas of alteration, which is indicative of a lot of opportunity for deposits with important mineral content and with economic interest.

Although social problems are currently the main factor for stratigraphic, cartographic, logging information, etc. are deficient and therefore the extractive industry is diminished in these areas. The recommendation for this research is the updating of the basic information of the area, to which with this work we hope to contribute a little, coupled with an in-depth prospecting study and alterations in the area; however, this is outside the scope of this paper.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se hace referencia a los yacimientos tipo skarn que se encuentran en el estado de Guerrero, los cuales se caracterizan por estar conformados de rocas metamórficas con contenido de silicatos de Ca, Mg y Fe, estos fueron originados por eventos geológicos de gran complejidad a lo largo del tiempo, como lo son un arco magmático donde los intrusivos entran en contacto con rocas sedimentarias de tipo caliza y dolomitas.

El interés de realizar esta investigación radica en conocer las características específicas de estos tipos de yacimientos para poder así identificar un prospecto a explorar en la zona del distrito de Mezcala, Guerrero. En el ámbito profesional, como geólogos el interés es conocer más sobre estos yacimientos, sus depósitos, alteraciones, mineralogía, y que éstos pueden estar relacionados con cuerpos mineralizados de otros yacimientos, por lo tanto, la información será útil para este y otro tipo de yacimientos. La investigación se realizó a partir investigaciones previas, estudios ya hechos, información publicada de empresas mineras y otras fuentes confiables.

El objetivo principal de esta investigación es realizar un modelo geológico integral tridimensional, determinar datos estructurales, mineralógicos, entre otros, demostrar y determinar la factibilidad del área prospecto.

En el primer capítulo se abordan las generalidades del trabajo, una breve justificación, la localización del área de estudio que en este caso es la región minera de Mezcala en el estado de Guerrero, se presentan los objetivos que se establecieron, la hipótesis, que de ser cierta se podrá comprobar y la metodología que se llevó a cabo para realizar la investigación.

En el capítulo 2 se tiene el marco geológico el cual contiene la estratigrafía de nuestra área de interés, la geología estructural que predomina en la zona y las provincias metalogenéticas en las que esta se encuentra. Durante el capítulo 3 se analiza la información recabada, se profundiza en la zona estudiada dando información más detallada de la región, se aborda la geología superficial, las alteraciones y las estructuras mineralizadas.

Por último, en el cuarto capítulo están los resultados obtenidos de la investigación, la cartografía, secciones geológicas, distribución de alteraciones y leyes y el modelo geológico integral.

CAPÍTULO 1| GENERALIDADES

Justificación

En el estado de Guerrero se presentan diversas formas de mineralización en gran parte de su territorio; en un contexto geológico tiene una gran complejidad ya que ha sido sometido a diversos procesos y eventos tectónicos a lo largo del tiempo. Esto ha sido de gran importancia, junto con otros fenómenos, para que existieran aquellas condiciones necesarias para el emplazamiento de yacimientos minerales de relevancia económica.

Aquellas zonas de mayor importancia se caracterizan en su mayoría por la presencia de la intrusión de magmas adakíticos que pertenecen a un sistema calcoalcalino con composiciones intermedias a ácidas. Dichas características nos sugieren una génesis derivada de la fusión parcial de corteza oceánica subducida. Algunos autores relacionan estos skarns con la intrusión de adakitas. En la región minera de Mezcala, Guerrero se encuentran diferentes empresas inversionistas que han propuesto diferentes proyectos tanto de exploración como de producción, es importante mencionarlas ya que demuestran que la zona ha sido de gran interés para grandes corporativos internacionales, este es el primer paso para que futuras empresas que busquen invertir en la zona tengan mayor confianza en el proyecto a desarrollar.

Entre las empresas que se encuentran en etapa de producción son las siguientes:

- Goldcorp
- Leagold
- Minera Media Luna S.A de C.V.
- Impact Silver Corp
- Torex Gold Resources Inc.
- Telson Mining Corporation

Con la finalidad de generar una base de datos que nos servirá como guía al momento de explorar en nuevas zonas en la región o zonas aledañas, se recopilarán datos y características de mayor relevancia de los yacimientos minerales que han sido

rentables en Mezcala, Guerrero. Los yacimientos a estudiar serán: Nukay, La Agüita, Bermejil, San Luis, Los Filos y La Joya.

La importancia minera de esta región se remonta a la época Colonial, en la que se llegó a explotar gran cantidad de minerales de oro y plata. De las primeras leyes de oro reportadas, llegan hasta las 162 ppm Au, aproximadamente en 1924. Los primeros proyectos de exploración no comenzaron sino hasta 1960 (González-Partida, 2004).

Además de una visualización geológica de la región, es muy importante también tomar en cuenta aquellos temas económicos de cada yacimiento, lo cual nos dará una idea acerca de qué valores y leyes se han obtenido para lograr la rentabilidad y factibilidad de cada mina.

Localización

“Guerrero es uno de los 31 estados que junto con la Ciudad de México conforman las 32 entidades federativas de México, su capital es la ciudad de Chilpancingo, colinda al norte con estados como Michoacán, México, Morelos y Puebla, al este con el estado de Oaxaca y Puebla, al sur con el Océano Pacífico y al oeste Michoacán y el Océano Pacífico”. (EcuRed, 2018). Representado de color rojo en el mapa (Fig. 1)



Figura 1- Localización del estado de Guerrero en la República Mexicana.

Existen diversas minas en explotación en este estado, recientemente se ha incrementado la actividad minera en el mismo: entre ellos se encuentra la región minera de Mezcala (Fig. 2) (Los Filos-El Bermejil, de Pb, Zn, Cu, Ag), municipio de Pinzán Morado, municipio de Arcelia, municipio de Pedro Ascencio Alquisiras, distrito minero de Taxco. (González-Partida, 2004)

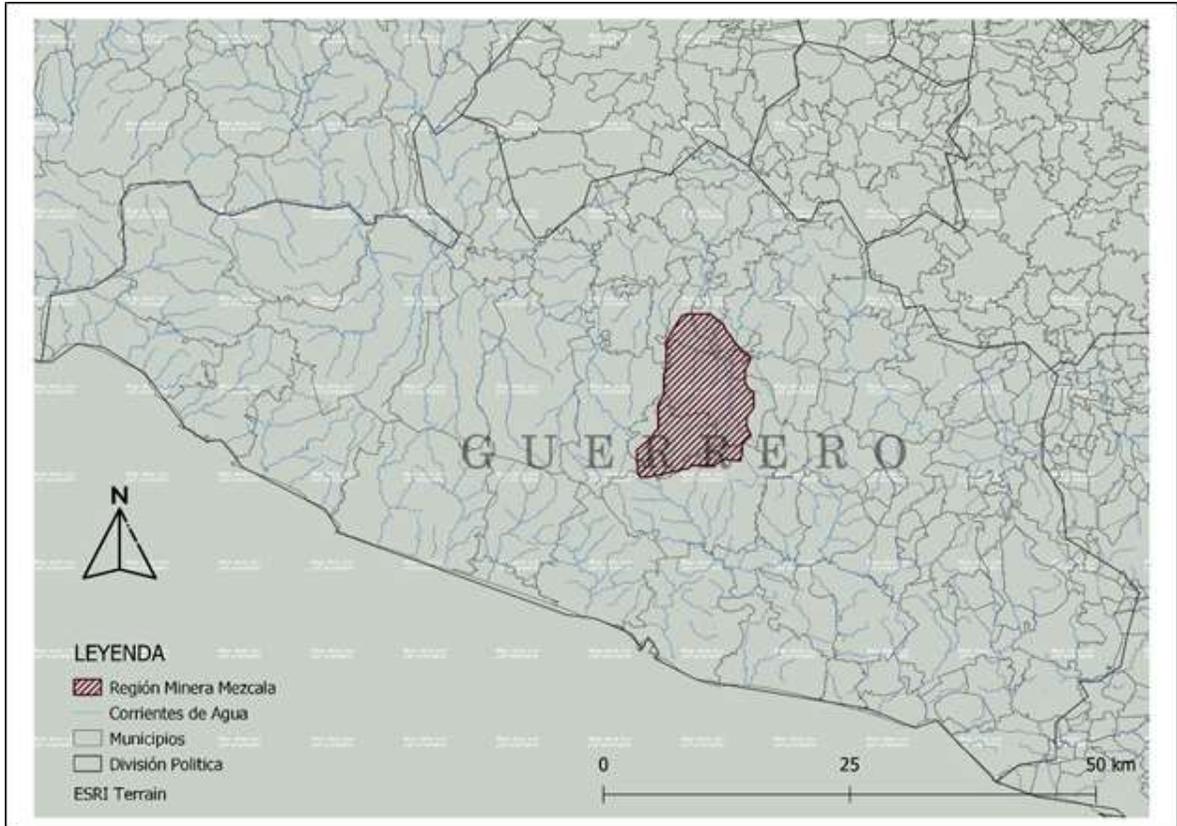


Figura 2- Localización de la Región Minera de Mezcala; Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.

Los yacimientos tipo skarn con mayor relevancia en la zona son los siguientes, los cuales se representan en la fig. 3:

- Depósito de Nukay
- La Agüita
- Mina Verde
- Bermejál
- San Luis
- Los Filos
- La Joya

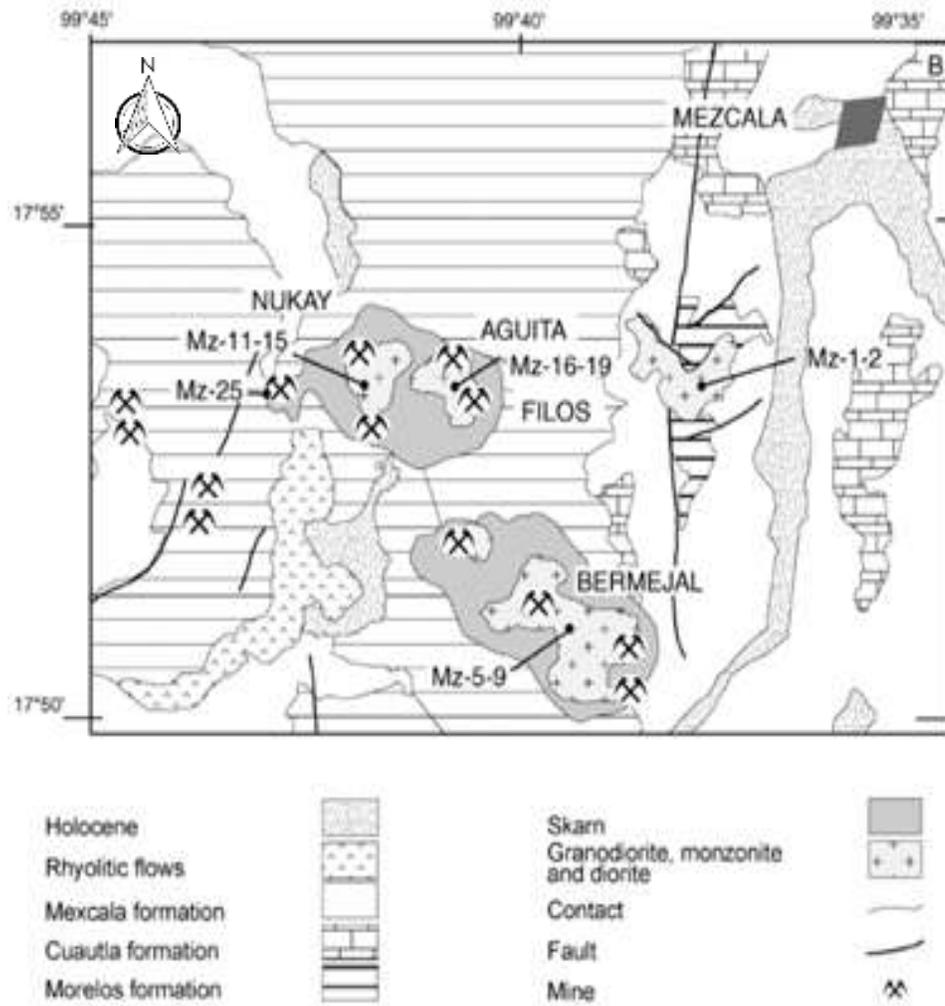


Figura 3- Mapa del distrito minero de Mezcala y las principales zonas mineras. (González-Partida, 2003)

Objetivos

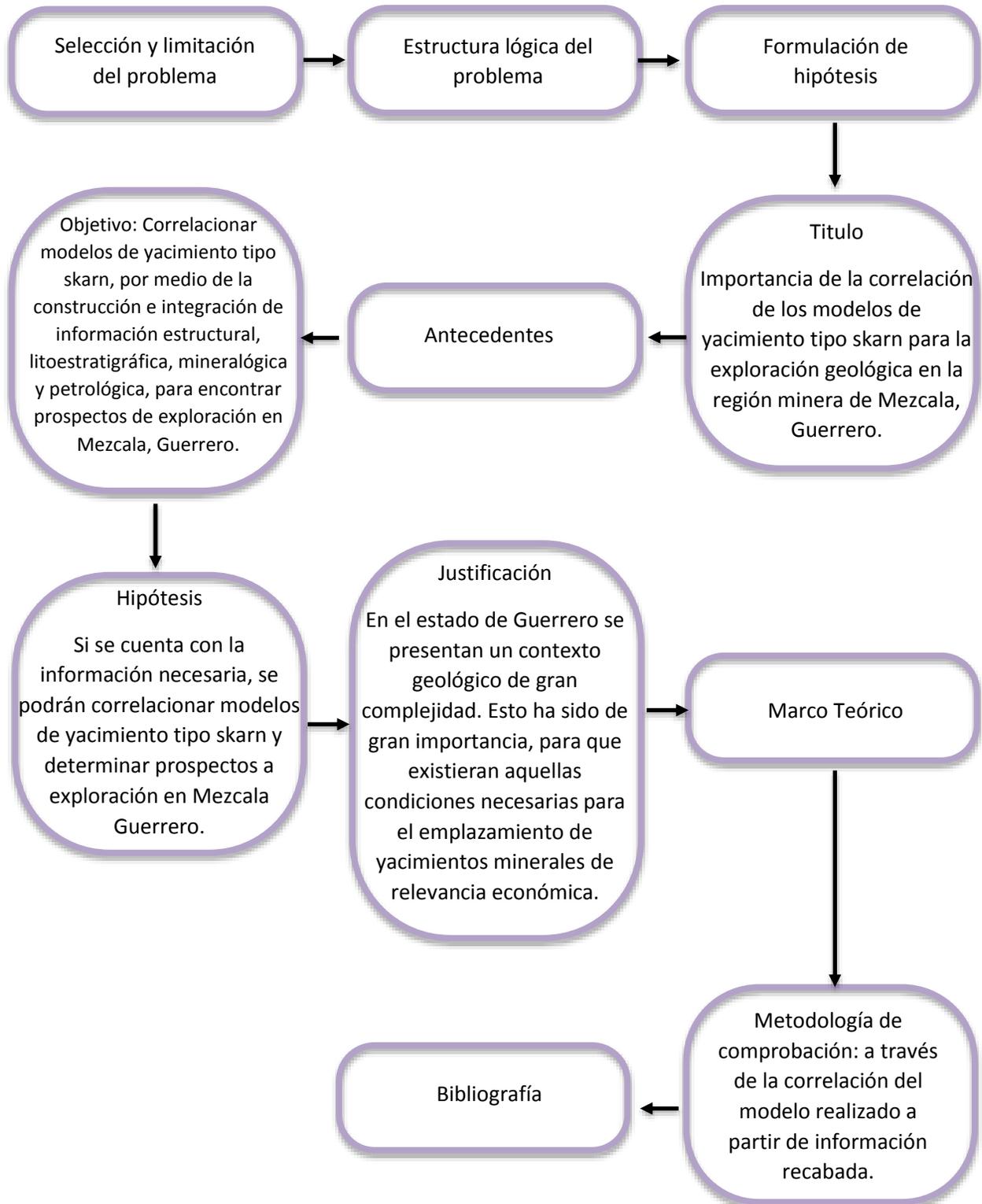
Objetivo General

Correlacionar modelos de yacimiento tipo skarn, por medio de la construcción e integración de información estructural, litoestratigráfica, mineralógica y petrológica, para encontrar prospectos de exploración en la región minera de Mezcala, Guerrero.

Objetivos específicos

- Recopilar y analizar la información geológico-minera de los modelos existentes de los yacimientos en producción, con información publicada por diferentes empresas.
- Determinar cuáles son los datos estructurales, mineralógicos, entre otros, que coinciden en los modelos. Incluido en la etapa de análisis de información, pero comenzando a correlacionar las diferentes características que llegan a ser similares entre los yacimientos y prospectos.
- Analizar la cartografía e imágenes satelitales con un criterio de búsqueda con base en sus similitudes. Esto se haría con el uso de mapas regionales y locales, de preferencia utilizar las escalas 1:10 000 o 1: 5 000 para poder dar un reporte más detallado.
- Demostrar y determinar la factibilidad del área prospecto. Con base en los resultados poder compararlos con aquellos ya existentes en los yacimientos en producción, para poder estimar de manera superficial la posible rentabilidad de un yacimiento.

Metodología



CAPÍTULO 2 | MARCO GEOLÓGICO

Estratigrafía

En la región de Mezcala se presenta una secuencia de rocas sedimentarias cretácicas constituida por las formaciones (en orden cronológico) Morelos, Cuautla y Mezcala, las cuales se encuentran plegadas, falladas e intrusionadas; Estas intrusiones son en su mayoría de composición granodiorítica y en muchos casos han formado aureolas de metamorfismo con las rocas calcáreas que intrusionan, lo que originó calizas metamorfizadas, skarns y hornfels, además de mineralizaciones en zonas de contacto.

Esta secuencia se encuentra parcialmente cubierta de rocas extrusivas de composición riolítica y depósitos recientes constituidos por fragmentos de rocas preexistentes como gravas, arcillas y caliche, que conforman un aluvión.

CRETÁCICO

ROCAS SEDIMENTARIAS.

FORMACIÓN MORELOS (Kim) CRETÁCICO INFERIOR (Albiano-Cenomaniano)

Fries (1960) describe a esta sucesión sedimentaria como una interestratificación de caliza y dolomía con nódulos granos y fragmentos de pedernal, así como fósiles silicificados. La parte más antigua de esta unidad corresponde al miembro de anhidrita laminada cuya coloración varía de blanco a gris oscuro, presente desde el lago de Tequesquitengo hasta Iguala (Guerrero) y de este último punto hacia el suroeste hasta la latitud del Río Balsas; en el resto de los afloramientos la capa basal corresponde a capas de caliza, presenta estratificación mediana a gruesa (20-60 cm de espesor) con 2 capas que varían de gris a negro, las cuales están constituidas principalmente por carbonatos (98%) y prácticamente no contienen material terrígeno, el autor agrega que la dolomitización que afecta a esta unidad ocurrió en el fondo del mar antes y durante la diagénesis. Benavides-Muñoz (1978) describe a esta unidad como caliza

microcristalina ligeramente margosa, gris a gris oscura, presenta horizontes brechoides y ocasionalmente bandas de pedernal negro y algunos horizontes con rudistas y abundantes miliólidos

Los afloramientos donde puede observarse el contacto inferior (Formación Morelos) son limitados y no puede determinarse con certeza sus relaciones estratigráficas con las unidades anteriores. Estudios micropaleontológicos indican que la microfauna consta de foraminíferos, caprínidos y gasterópodos los cuales tienen una edad que comprende el Aptiano Superior-Albiano Cenomaniano. (Fries, 1957, 1960)

La Formación Morelos se presenta en las partes más elevadas de la topografía del área, por lo que es fácil de identificar. Presenta una morfología kárstica, característica que consiste en la formación de dolinas y cavernas de disolución. En la parte central de la Plataforma Guerrero-Morelos, la Formación Morelos es sobre yacida concordantemente por la Formación Cuautla mientras que, hacia el noreste y este de la cuenca, esta relación es discordante (Hernández-Romano, 1999 en Aguilera-Franco y Allison, 2005). El espesor de la Formación Morelos es muy variable (250-1000m) lo cual de acuerdo con De Cserna (1978) es debido en parte el resultado de la erosión post-depositacional como en el caso del área de Teloloapan

Fries (1960), considera a la Formación Morelos constituida por un miembro inferior evaporítico y otro superior calcáreo. No obstante, no se ha evidenciado en el subsuelo si se halla el miembro evaporítico o si la Formación Morelos descansa sobre formaciones más antiguas.

La Formación Morelos constituye la roca de mayor edad dentro de la región, se encuentra subyaciendo a la Formación Cuautla y en forma discordante a la Formación Mezcala, Formación Balsas y por rocas volcánicas del Terciario. Por su posición estratigráfica y litológica, es de ambiente de plataforma y se correlaciona con la Formación El Abra y el Doctor (Fries, 1960)

FORMACIÓN CUAUTLA (Ksc) CRETÁCICO SUPERIOR (Cenomaniano-Coniaciano)

El contacto inferior con las calizas de la Formación Morelos es transicional como se puede observar en el flanco Oeste del anticlinal San Francisco, el contacto superior de los depósitos “flysch” con la formación Balsas, sólo se pudo observar muy localmente en los límites del área al suroeste en discordancia angular (López-Ramos, 1979).

Esta formación, litológicamente, es idéntica a la Formación Morelos ya que también contiene calizas delgadas, medianas y estratos de caliza brechada. De acuerdo con Fries la Formación Cuautla consta de tres facies las cuales son:

- 1) Una sucesión gruesa de capas de calizas de estratificación mediana a gruesa, del tipo de banco calcáreo o de “bahamitas”.
- 2) Sucesión más delgada de capas de calizas laminadas con estratificación delgada a mediana.
- 3) Sucesión muy delgada de calizas clásticas con estratificación delgada a media.

Las tres facies pasan gradualmente de una a otra en sentido lateral. Aunque en ocasiones se encuentran conglomerados calcáreos en su base, las calizas presentan textura que van de calcilitita a calcarenita. Posteriormente, Hernández-Romano (1999 en Aguilera-Franco y Allison, 2005) diferencio dos tipos de facies, que las describió como miembros informales, el Miembro Huitziltepec que correspondería a la facies 3 descrita por Fries (1960); y el Miembro Zotoltilán, que pasa transicionalmente en la parte superior de la Formación Mezcala. El espesor calculado para esta unidad es de los 120 a 750 m (Fries, 1960). La Formación Cuautla cubre en discordancia erosional a la Formaron Morelos y subyace concordantemente a la Formación Mezcala con espesor variado estimado en la zona de Mezcala entre 20m y 750m.

FORMACIÓN MEZCALA (Ksm) CRETÁCICO SUPERIOR (Cenomaniano-Maastrichtiano)

Las relaciones estratigráficas de la unidad Mezcala, varían de acuerdo con el área geográfica donde aflora. La formación tiene su contacto inferior con las formaciones Morelos y Cuautla en casi toda su área de distribución (Fries, 1960; Crespo-Hernández, 1963; Ontiveros-Tarango, 1973; Cserna y Fries, 1981).

Fries (1958, 1960) menciona que la litología de esta unidad es muy variable tanto vertical como horizontalmente. Cuenta con una sucesión de capas interestratificadas de arenisca, limolita y lutita calcáreas con escasos lentes de caliza clástica. La parte basal es de naturaleza calcárea y puede consistir en caliza arcillosa o limolita calcárea. La caliza basal está formada por capas calcareníticas laminadas, de color gris oscuro, de 10-20 cm de espesor, sobre las cuales yacen capas interestratificadas de lutita y limolita calcárea, con menor cantidad de arenisca.

Hacia arriba de esta sucesión se encuentran Inter estratos de subgrauvaca o arenisca; aparecen algunas capas de conglomerados de grano fino, mismos que varían en espesor de unos pocos centímetros hasta poco más de un metro, en el caso de las areniscas. Sobre los planos de estratificación de las areniscas, abundan rizaduras y marcas o huellas irregulares. La arenisca o subgrauvaca de la parte inferior de la formación, tiene predominio de granos clásticos detríticos de caliza y dolomita, con mediana cantidad de cuarzo; y en menor cantidad feldespatos y minerales máficos completamente alterados. En capas superiores, los granos carbonatados disminuyen su abundancia. Las capas conglomeráticas superiores de la formación contienen mayor cantidad de granos de cuarzo y de otros minerales de origen ígneo. Las capas inferiores contienen cantidades considerables de materia carbonosa en forma de tallos leñosos en los estratos arenosos y limosos; algunas veces su coloración es negruzca. Debido a la erosión y a la intensa deformación de esta unidad, el espesor original no puede medirse en ningún lugar (Fries, 1960).

Su contacto superior se presenta con las formaciones Balsas y Cuernavaca en la región de Taxco, al noreste de la cuenca Morelos-Guerrero y en casi toda su área de

distribución (Fries, 1960; Crespo-Hernández, 1963; Ontiveros-Tarango, 1973) y con la formación Teloloapan al oeste de La Concordia al noroeste de Guerrero (Guerrero-Suástegui, 2004).

La edad para esta unidad según Fries (1958, 1960) menciona que, con base en la macrofauna encontrada, las capas inferiores de la unidad dan evidencia casi incontrovertible de una edad de Coniaciano temprano; agrega que la base de la formación varía en edad de un lugar a otro pudiendo alcanzar una edad posterior al Campaniano. Por su parte, Alencáster (1980 en Aguilera-Franco, 2000) asignó una edad de Maastrichtiano para la porción superior de la Formación Mezcala, basándose en la presencia de moluscos.

TERCIARIO VOLCANICO

ROCAS ÍGNEAS.

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS (Igi) Terciario Inferior

Las rocas intrusivas que se presentan en la región minera de Mezcala aparentemente tienen un mismo origen (proviene de la misma cámara magmática) y la diferencia de composición se debe a una diferenciación magmática, varía desde monzonítica a granodiorítica. Esta variación se manifiesta en varios apófisis relativamente aislados entre sí. Estos apófisis tienen diferentes texturas que van desde holocristalina porfídica a microcristalina afanítica. Las apófisis han sido clasificadas petrográficamente en diferentes rocas (tabla 1):

CLASIFICACIÓN

Tabla 2. Clasificación petrográfica de apófisis en diferentes rocas

Apófisis Balsas*	Granodiorita de biotita y hornblenda, tonalita.
Apófisis El Limón	Cuarzomonzonita de hornblenda, micro granodiorita de augita, granodiorítica porfídica
Apófisis Todos Santos*	Granodiorita
Apófisis Atzcala	Microtonalita
Apófisis Vianey	Pórfido diorítico
Apófisis La Guadalupe	Granodiorita de biotita
Apófisis San Pedro	Granodiorita de biotita, pórfido cuarzomonzonítico de biotita. Cuarzomonzonita de biotita.
Apófisis Xochipala	Granodiorita.

*Se encuentran dentro de nuestra área de investigación

La granodiorita se observa en mayor abundancia con alteraciones por hidrotermalismo y lixiviación con oxidación y caolinización, además es muy deleznable.

La cuarzo-monzonita se encuentra en menor proporción, se presentan en forma de diques dentro de la granodiorita, es más resistente a la alteración. La edad de emplazamiento de las rocas es probablemente del Terciario temprano. De acuerdo con las características de emplazamiento y alteración de las rocas intrusionadas (Formación Morelos, Cuautla y Mezcala) se les atribuye una edad tentativa entre Maastrichtiano-Eoceno. o del Cretácico Superior- Paleoceno.

ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS (Tvr) Terciario Oligoceno

En el distrito minero de Mezcala, los afloramientos de estas rocas no son muy abundantes y se presentan en el sur de Coacoyula de Álvarez; al suroeste de Amatitlán y en la falda sureste del cerro el Ocotál, con espesores máximos de 150 m. En la zona de la reserva minera nacional, las rocas están representadas por una sección piroclástica; su base está constituida de material tobáceo intercalado con conglomerado y areniscas; los conglomerados tienen fragmentos de caliza, de rocas volcánicas de tipo andesítico y los clastos varían entre 5cm a 15cm, formando capas de aproximadamente 10cm a 50cm de espesor. En la parte superior existen emisiones riolíticas de color rosado. Por sus características litológicas y posición estratigráfica, se considera que esta unidad se correlaciona con la riolita Tilzapotla que aflora al norte del área (Fries, 1960).

ROCAS METAMÓRFICAS.

ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO.

Por efectos de la intrusión de las rocas granodioríticas se formó una aureola de metamorfismo de contacto alrededor de algunos apófisis que afectaron a las rocas circundantes (Formación Morelos y Mezcala). La aureola está constituida de mármoles, skarns de granate en las rocas calcáreas y hornfels en las rocas arcillosas.

HORNFELS (kho)

Debido a las intrusiones granodioríticas en las rocas arcillo calcáreas de la Formación Mezcala originan un metamorfismo de contacto que alteró a dichos sedimentos para formar hornfels de colores gris verdoso, bastante compactos y afaníticos, con asociaciones mineralógicas como cuarzo-albita y epidota. Su principal afloramiento se encuentra en la porción poniente del apófisis de Balsas y con una extensión aproximada de 7 Km.

MÁRMOLES (Kma)

Por efecto de la intrusión de rocas granodioríticas en rocas calcáreas de la Formación Morelos se originó una aureola de metamorfismo de contacto que incluye a calizas recristalizadas para formar mármoles que son de color blanco a gris y calizas marmoleadas de textura sacaroidea, las cuales pasan gradualmente a calizas sanas conforme se alejan del intrusivo. Su principal afloramiento se localiza en el apósis Balsas. Su extensión está en función del grado de metamorfismo y la amplitud de la aureola.

CUATERNARIO (Qal y Q)

Depósitos provenientes de este período rellenan las partes más bajas de los valles y en los llanos. Son en su mayor partes depósitos fluviales, como arenas, gravas, limos y arcillas apartados por las corrientes que drenan los valles.

Geología estructural

En el informe de la carta geológica minera Tlacotepec del Servicio Geológico Mexicano, mencionan que se reconocen estructuras de deformación dúctil-frágil, las cuales se manifiestan como pliegues y cabalgaduras. El sistema principal de fracturas tiene una dirección N10-40°E y, en ocasiones, llega a ser N-S. El sistema de fracturas secundario es generalmente E-W, variando hasta N20°W. Estas fallas y fracturas regionales afectan tanto a las rocas ígneas como a las sedimentarias, lo que indica que son posteriores a la intrusión, además, dentro de las rocas intrusivas existen diaclasas que conservan esta misma orientación.

Las intrusiones graníticas revisten de gran importancia desde el punto de vista geológico-minero, ya que en las aureolas de metamorfismo de contacto con las rocas sedimentarias afectadas y en el mismo intrusivo, es donde se emplaza la mineralización. Cabe señalar que los apósis granodioríticos se encuentran orientados en una dirección N30°W y en cada una de sus manifestaciones se encuentran depósitos importantes de mineral como Todos Santos, mina La Amarilla, entre otros.

Los pliegues identificados son: El anticlinorio de Tlacotepec de orientación N-S y vergencia al E. Los anticlinales La Lagunita, Carrizalillo, Cerro Prieto, y Tecomapa, con orientación NE-SW, y Las Mesas con Orientación NE-SW y El Caracol con orientación NW-SE.

Las cabalgaduras muestran una orientación sensiblemente N-S con desviaciones tanto al noreste como al noroeste y están son: Las Parotas, Los Amates, Palo Verde, San Antonio, El Amate, Nuevo Las Juntas, San Vicente Norte, Limón Real, Las Mesas, Amatitlán, Puerto Las Laderas, Zopilostoc, Barranca Las Nueces, Tlacotepec, Los Fresnos, Ahuejote, Barranca El Caracol, Tlacotengo, Puerto del Varal, Verde Rico, Corralitos y La Yerbabuena.

El régimen frágil está representado por fallas laterales y normales, dentro de las primeras, con orientación NE-SW y de tipo lateral derecho, se tienen las fallas: Los Amates, El zapote, La lagunita, Nuevo Las Juntas, San Antonio, Limón Real, Las Pascuas, Las Vinatas, Guerrero, Cerro La Media Luna, Bajial, Puerto Las Laderas, Tlacotepec, Chapultepec, La Venta, Carrizalillo, Cerro Ahuaxotitlán y La Lagunita. La falla Tenantla corresponde a una falla lateral derecha con orientación NW-SE. Las fallas de tipo lateral izquierdo, de rumbo NE-SW son: Palo Verde, Cerro El Limón, Barranca Huayatlaco, Coatepequito, Los Fresnos, Ahuejote. Las fallas de tipo lateral izquierdo, con orientación NW-SE son: El Caracol, El Durazno Oriente, Coatepec del Ocote, Tlacotengo. Dentro de las fallas normales con Orientación NE-SW se tienen a: Las Mesas, Tecomaxuchil Nortes, Amatitlán y Las Palmitas.

A manera de resumen se puede establecer que las estructuras que prevalecen en las rocas de la región se originaron a partir de un régimen compresivo asociado con la margen pacífica, que dentro de sus principales efectos está la deformación dúctil de la carpeta sedimentaria del Terreno Mixteco, así como la aloctonia y yuxtaposición de una carpeta de materiales volcanosedimentarios depositada en otro ambiente geológico (Terreno Guerrero).

Provincias metalogenéticas

Una provincia metalogenética es un área caracterizada por una agrupación de depósitos minerales; son áreas a escala regional que muestran la distribución espacial de un conjunto de depósitos de minerales que pueden tener ciertos rasgos en común como su génesis, tipo de yacimiento o contenido metálico. Una provincia metalogénica puede contener más de un episodio de mineralización.

En la República Mexicana se puede distinguir ciertas concentraciones y alineaciones de cuerpos mineralizado, según el Servicio Geológico Mexicano (SGM) México está dividido en 12 provincias metalogenéticas, al interior de estas el SGM ha caracterizado 33 yacimientos minerales a los que llama de clase mundial, es decir, que por su tamaño y factibilidad económica son de relevancia mundial (SGM, 2016).

De acuerdo con el mapa de Provincias Metalogenéticas de México (Figura 4) la región de estudio se localiza entre la provincia de Au-Ag en la porción sur y la provincia de Ag, Pb, Zn y Mn en la porción norte.



Figura 4- Provincias metalogenéticas y sus principales yacimientos. Servicio Geológico Mexicano (2016)

Yacimientos minerales

En la región se localizan tres zonas mineralizadas: Chichihualco, Cocula y Zumpango del Río. Las dos últimas, consisten en zonas diferentes en cuanto a su mineralización, pero idénticas en cuanto a su geología. Al norte del río Balsas, prevalecen los valores de plata, mientras que al sur predominan los valores de oro, a veces acompañados de plata. Por tal motivo, se ha dividido esta región en dos zonas mineralizadas, separadas por el mencionado río Balsas: la de Cocula y la de Zumpango del Río, al norte y sur del río, respectivamente.

Nuestras minas de interés se localizan en las regiones mineras de Zumpango del Río y Cocula por lo que nos enfocaremos en estas.

Zona mineralizada de Cocula

Se encuentra al norte del río Balsas y al noroeste del poblado de Mezcala. Los prospectos reconocidos dentro de la zona de Cocula se clasifican de la siguiente manera: tabulares a lo largo de fallas y fracturas e irregulares en zonas de contacto, representadas por hornfels, se tiene un predominio de mineralización de plata que, por lo general, va asociada con valores de plomo y zinc.

En los intrusivos sin aureolas de metamorfismo de contacto, por lo general, predominan valores de plata y zinc, sin embargo, en algunos casos, se tienen valores de plata y oro.

El control de la mineralización es de tipo estructural y litológico:

- Control estructural, representado por un sistema de fallas o fracturas orientado NE-SW, acompañado por un sistema secundario perpendicular a éste
- Control litológico, representado por el contacto del granito- granodiorita con calizas, formando aureolas de metamorfismo constituidas por skarn, y el contacto de los intrusivos con lutitas y areniscas dando origen a los hornfels.

Zona mineralizada de Zumpango del Río

Localizada al sur del río Balsas, al noroeste del poblado de Xochipala y en las inmediaciones de Amatlán. Los prospectos y depósitos reconocidos dentro de la zona mineralizada de Zumpango presentan las siguientes formas: tabular, en las vetas emplazadas a lo largo de fallas y fracturas, e irregular, en las zonas de contacto seco y zonas de skarn. Las vetas, por relleno de fisura, de esta área (principalmente en el NW del área) contienen galena, galena argentífera, esfalerita, pirita, arsenopirita, pirrotita, calcopirita, malaquita, azurita, óxidos de hierro, cuarzo y calcita. Los cuerpos metasomáticos se caracterizan por presentar forma irregular, con asociación de oro como mineral económico y el contenido de plata puede ser insignificante.

La mineralización de cuerpos de hierro (área de Jilgueros) consiste en magnetita, hematita, Limonita, pirita y, en ocasiones, contiene escasas cantidades de minerales de cobre, como calcopirita, malaquita y azurita. En las zonas de skarn, la mineralización que predomina consiste principalmente en oro y plata, como en la zona de la mina Nukay, la Anomalía III y La Minita, o bien de cobre y oro, como en la mina Todos Santos. En la zona de endoskarn, también se tiene mineralización de oro y plata con valores bajos en cobre, como es el caso del área El Bermejil (José Luis, San Pedro, San Luis, etc.).

En el intrusivo Amatlán-Tenantla, no se presentan aureolas de metamorfismo; sin embargo, se presentan algunos valores de oro y plata, como en los prospectos El Palmar y Lengua de Vaca. Valores de oro, plata, plomo, zinc y cobre se presentan al norte de Amatlán, en el prospecto Palo Verde

Tabla 4. Zonas Mineralizadas obtenida de Carta Geológico-minera Chilpancingo E14-8 SGM (1998)

ESTADO DE GUERRERO: Zonas mineralizadas Cocula y Zumpango del Río				
MINA O PROSPECTO	SUSTANCIA	FORMA	ORIGEN	NATURALEZA DE LA MINERALIZACIÓN
Vianey	Ag, Pb, Zn	Veta	Hidrotermal	Sulfuros
Todos Santos	Au, Ag, Cu	Stockwork	Metasomatismo de contacto	Sulfuros
Los Jazmines	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
La Amarilla	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
La Soberana	Au, Ag, Pb	Veta	Hidrotermal	Sulfuros
La Fe	Au, Ag, Pb	Veta	Hidrotermal	Sulfuros
La Willy	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
El Naranja	Au, Ag	Veta	Hidrotermal	Sulfuros
El Encino	Au, Ag	Irregular	Hidrotermal	Óxidos
Cuchillo	Au, Ag	Veta	Metasomatismo de contacto	Óxidos
Nukay	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
Palo Verde	Au, Ag	Veta	Hidrotermal	Sulfuros
José Luis	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
La Minita	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
San Pedro	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
San Luis	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
El Carmen	Au, Cu, Fe	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos
Celia Generosa	Au, Ag	Irregular	Metasomatismo de contacto	Óxidos

De las zonas de skarn, destacan las zonas estudiadas por las compañías Minera Nukay y Teck, donde se localizan los siguientes yacimientos y cuerpos sobre el intrusivo de Nukay, en su borde boreal, se localizan las minas de Nukay y Nukay Profundidad, con su prolongación en Nukay Poniente que contiene un intervalo de 5 m de espesor con leyes hasta de 27 g/t de oro; Don Diego, que parece ser la continuación del cuerpo de Nukay Poniente, empieza a 25 m debajo de la superficie y alcanza más de 100 m de profundidad, extendiéndose hacia Diego Sur sobre el contacto poniente del intrusivo de Nukay. El 116, que contiene obras mineras antiguas, se encuentra en la parte SW del intrusivo y hacia el oriente aparentemente se junta con la mina La Subida, cuyo cuerpo principal contiene un promedio de 7.2 g/t de oro. El granito-granodiorita que rodea este cuerpo tiene valores de 0.5 g/t de oro, abriendo así la posibilidad de la existencia de cuerpos de gran volumen-baja ley, semejantes a aquellos ya detectados en el intrusivo Nuteck (localizado al oriente del intrusivo Nukay). Sobre el contacto oriental del intrusivo Nukay se alojan los cuerpos de Independencia Norte, Conchita Sur y Conchita Norte. De esta forma, se concluye que la mineralización es continua a lo largo de todo el contacto del intrusivo Nukay (3,500 m), con profundidades, para la mayoría de los cuerpos, de más de 150 m y que el intrusivo propio tiene posibilidades de contener oro diseminado.

Los yacimientos de tipo skarn son los de mayor importancia económica de la zona, como se puede observar en las evaluaciones realizadas por la compañía Nukay, para la mina del mismo nombre, con reservas probadas de 7'000,000 de onzas de oro con leyes de 4.8 a 27.0 g/t.

El intrusivo Nuteck, similarmente, tiene un halo mineralizado alrededor de su periferia, con el cuerpo de La Agüita en el centro. El cuerpo de La Agüita, probablemente, corresponde a un cuerpo hundido, con orientación N-S, que contiene varias zonas mineralizadas a profundidad, una de ellas de 67.5 m de espesor, con un promedio de 8.02 g/t de oro. En el halo mineralizado, se localizan los depósitos de Don Rodrigo, Mio Cid Profundidad, Los Filos, La Peninsular; El Grande, Crestón Rojo, Pedregal y Doña Marta. Las profundidades y extensiones laterales de todos estos depósitos todavía están abiertas y, probablemente, muchos de ellos forman cuerpos continuos. En Crestón Rojo,

se estimó una ley promedio de 15. 11 g/t de oro (Miranda Mining Development Corp ,1997). Actualmente es la Compañía Gold Corp Inc., quien continúa con proyectos de exploración, evaluación y explotación en la zona.

CAPÍTULO 3 | ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Localidad

Región minera de Mezcala

Esta región minera está ubicada en la parte central de la Entidad, dividida por el río Balsas y se encuentra a 45 km al N20°W de la ciudad de Chilpancingo. En la región se localizan tres zonas mineralizadas: Chichihualco, Cocula y Zumpango del Río. Al norte del río Balsas, se presentan valores de plata, mientras que al sur predominan los valores de oro, en ocasiones con presencia de plata. Debido a esto, se realiza una división para esta región de dos zonas mineralizadas, separadas por el río Balsas: la región de Cocula al norte del río y la de Zumpango del Río, al sur.

El marco geológico regional, está representado por un paquete de rocas sedimentarias de edad cretácica, constituido por las formaciones Morelos, Acahuizotla (Kapce Cz) y Mezcala (Ks Ar-Lu), las cuales han sido intrusionadas por varios apófisis de composición granítica-granodiorítica (To Gr y To Gd). Estas intrusiones desarrollaron aureolas de metamorfismo de contacto en la mayoría de los casos, las que consisten en caliza marmoleada, mármol, skarn y hornfels. Todas estas unidades se encuentran parcialmente cubiertas por rocas de la Formación Balsas (Tpae Cgp-Lm), así como rocas volcánicas terciarias de composición riolítica de la Formación Tilzapotla (Tom R).

El sistema principal de fracturas tiene una dirección N10-40°E y, en ocasiones, llega a ser N-S. El sistema de fracturas secundario es generalmente E-W, variando hasta N20°W. Estas fallas y fracturas regionales afectan tanto a las rocas ígneas como a las sedimentarias, lo que indica que son posteriores a la intrusión, además, dentro de las rocas intrusivas existen diaclasas que conservan esta misma orientación.

Las intrusiones graníticas revisten de gran importancia desde el punto de vista geológico-minero, ya que en las aureolas de metamorfismo de contacto con las rocas sedimentarias afectadas y en el mismo intrusivo, es donde se emplaza la mineralización. Cabe señalar que los apófisis granodioríticos se encuentran orientados en una dirección

N30°W y en cada una de sus manifestaciones se encuentran depósitos importantes de mineral como Todos Santos, mina La Amarilla, entre otros.

Se puede ver claramente que la mayoría de los prospectos que se ubican al norte del río Balsas consisten en vetas emplazadas a lo largo de fallas y fracturas, mientras que, al sur de este río, la mayoría de los prospectos son de forma irregular y fueron originados por metasomatismo de contacto entre las calizas y las rocas intrusivas. Los principales tipos de alteración que se observan en esta zona son oxidación, silicificación y en menor proporción caolinización.

Tabla 5. Regiones mineras del estado de Guerrero con su respectiva mineralización y tipo de yacimiento

ESTADO DE GUERRERO: Regiones mineras, distritos y zonas mineralizadas.		
REGIÓN MINERA	MINERALIZACIÓN	TIPO DE YACIMIENTO
1. Cocuya - Zirandaro	Au, Ag, Pb, Zn	Vetas, diseminados, zonas de skarn, reemplazamiento
2. Cutzamala	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Vetas, relleno de cavidades
3. Tlapehuala	Au, Ag, Cu, Hg	Mantos, vetas, relleno de cavidades, fisuras y brechas
4. San Miguel Totolapan	Au, Ag, Pb, Zn	Vetas y brechas
5. Arcelia - Teloloapan	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Vetas, mantos y brechas, diseminados, zonas de skarn, relleno de cavidades
6. La Unión	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe	Zonas de skarn, segregación e inyección magmática y vetas
7. Papanoa	Fe, Cu, Cr, Ni, Co, Al	Mantos, diseminados, depósitos de placer, relleno de cavidades, inyección y segregación magmática
8. Buenavista de Cuellar	Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Hg, Sb	Vetas, zonas de skarn, relleno de cavidades mantos y brechas

9. Mezcala	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Vetas, zonas de skarn y stockworks
10. Mochitlán - Quechultenango	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, Sb, Fe, Ba	Vetas, zonas de skarn, mantos stockworks
11. La Montaña	Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Sb, Fe	Vetas, relleno de cavidades, stockworks, mantos y zonas de skarn
12. La Dicha	Au, Hg, Cu, Zn, Fe, W	Mantos, zonas de skarn y vetas

Tabla 8. Regiones mineras del estado de Guerrero con sus Distritos mineros y zonas mineralizadas.

ESTADO DE GUERRERO: Regiones mineras, distritos y zonas mineralizadas.		
continuación...		
REGIÓN MINERA	DISTRITO MINERO	ZONA MINERA
1. Cocuya - Zirándaro	Pinzán Morado - Placeres del oro	Guayameo, Curindal, Cerro del Chivo
2. Cutzamala	San Vicente	Tlalchapa
3. Tlapehuala		La Natividad y Las Fraguas
4. San Miguel Totolapan	San Nicolás del Oro	El Querengue, Petlacala y Coronilla
5. Arcelia Teloloapan	- Campo Morado y Tetipac	Apaxtla y Cerro Teotepec
6. La Unión		Real de Guadalupe, El Tibor, Chutla. Coahuayutla (El Titán) y El Plutón
7. Papanoa		Cooper King, Camalotitos, Loma Baya, El Tamarindo y La Costeña
8. Buenavista de Cuellar	Taxco y Huitzucó	Buenavista de Cuellar
9. Mezcala		Cocula, Zumpango del Río y Chichihualco

10. Mochitlán - Quechultenango	Coaxtlahuacán y El Violín
11. La Montaña	Olinalá, Zapotitlán Tablas y Iliatenco
12. La Dicha	Costa Chica y La Dicha

Geología superficial

Tal como se menciona en la Figura 2 del presente trabajo, se presenta la información geológica superficial del distrito minero de Mezcala, Guerrero. Se pueden observar dichas delimitaciones de cada unidad de unidad geológica, como lo son:

- Flujos riolíticos
- Formación Cuautla
- Skarn
- Formación Mezcala
- Formación Morelos
- Holoceno
- Granodiorita, monzonita diorita

Una de las zonas mineralizadas de mayor importancia del estado de Guerrero, es la mina Los Filos. Esta zona mineralizada se encuentra cerca al centro de la cuenca sedimentaria Morelos-Guerrero, una secuencia de rocas carbonatadas del Mesozoico.

La mineralización es comúnmente relacionada con las intrusiones, formando depósitos de skarns de oro y plata, asociados con dos cuerpos granodioríticos del Terciario temprano que intrusieron rocas carbonatadas. El tajo a cielo abierto de Los Filos está asociado con un sill superficial. El área de El Bermejil es un stockwork de rocas carbonatadas junto con la formación Morelos. Se encuentra en tajo abierto la zona de El Bermejil, la mineralización se encuentra en la parte superior del intrusivo.

Alteraciones hidrotermales y estructuras mineralizadas

En la región se presentan vetas de origen hidrotermal de relleno de fisuras, estas son relacionadas a los movimientos tectónicos ocasionados por el brechamiento de la roca, lo cual ocasiona un intenso fracturamiento, facilitando la circulación de las soluciones hidrotermales y su deposición. Se encuentran contenidos de galena, esfalerita, calcopirita y piritita, proporcionando contenido relevante de oro, plata y plomo. Las alteraciones principales son aquellos extensos halos regionales de caolinización, oxidación y silicificación en menor grado.

“Las estructuras mineralizadas consisten en un sistema de vetas tabulares de orientación NW con variaciones al N18°W, con echados de 60° a 85° al NE, sus espesores son bastante homogéneos, variando de 1.05 a 1.50m y con longitudes de 50 a 900m.” Se conocen tres vetas principales, Banco Real (El Anono) es una veta falla que contiene rocas ígneas intrusivas, tanto plutónicas como hipabisales, su composición varía entre diorita a aplita y de andesita a pórfido riolítico.

El área explotada fue una zona entre dos planos de falla que existen en la estructura, presentaba un fracturamiento muy intenso. Esto permitió que las soluciones hidrotermales circularan, causando la silicificación parcial al igual que piritización.

Agregado a la piritita, también había presencia de galena y esfalerita, así como calcopirita en menor cantidad. La asociación de plata, muy probablemente se deba a la galena, aunque no es muy constante esta relación. Las soluciones hidrotermales actuaron sobre la roca ígnea, esto produjo argilización, caolinización y algo de sericitización en estructuras mineralizadas. Por último, La Trinidad, la cual es muy similar a la del Anono, en aspecto físico y mineralización; solo cambia la roca encajonante (cuarzo monzonita), y cambio en el rumbo (N10°W).

CAPÍTULO 4| RESULTADOS (modelo)

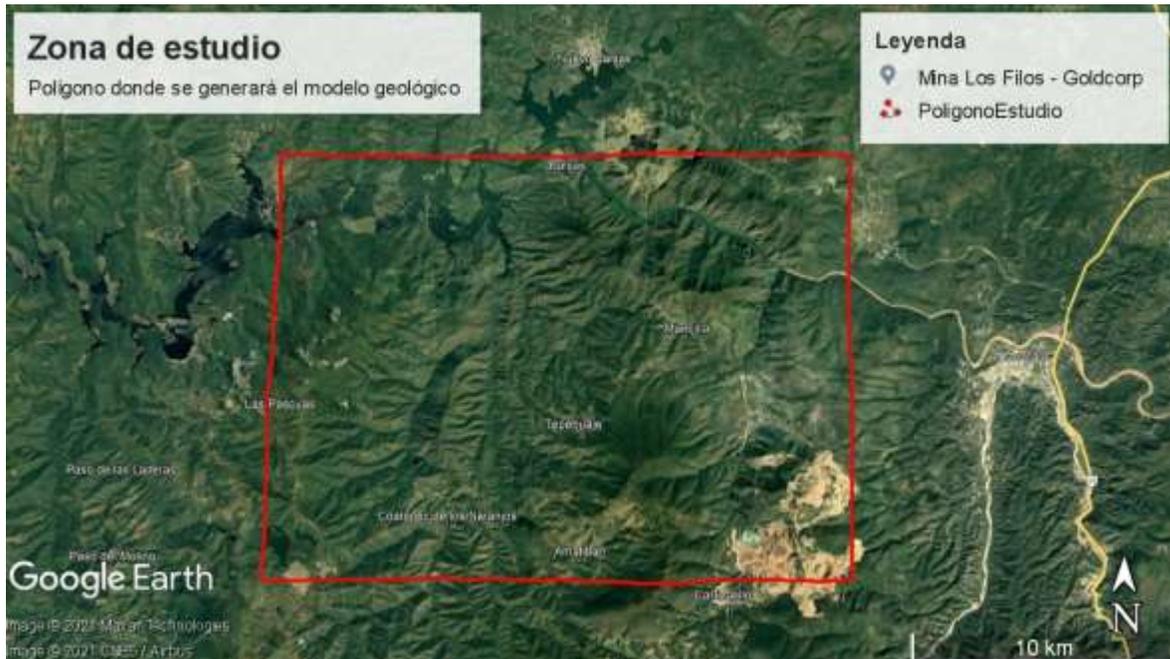


Figura 5- Localización del área de estudio; Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.

En la imagen satelital anterior (Figura 5) se observa la zona de interés a estudiar, delimitada con la línea color rojo, la mina “Los Filos” que se encuentra cerca, en la parte inferior derecha y que actualmente está operando.



Figura 6- Puntos Geoquímicos; Elaboración propia con base en datos de GeolInfoMex del SGM.

La geoquímica es un factor importante durante la exploración pues ésta nos dará un poco más de información con la cual se pueden hacer observaciones sobre el contenido mineral en la zona, en el mapa de puntos geoquímicos (Figura 6) podemos observar de qué lugares se obtuvieron estos datos dentro del área de interés, los cuales nos dieron los siguientes datos mostrados en las tablas 5 y 6. En la tabla 5 se encuentran los datos de 2 puntos geoquímicos que se encuentran en la parte norte del mapa los cuales entran en la zona a debatir de nuestro modelo geológico integral, esta muestra el mineral junto con su presencia en la zona. En la tabla 6 se muestran los datos de puntos geoquímicos de zonas minerales importantes, es decir donde se encontraron cantidades significativas de mineral que podrían indicar una posible zona económicamente explotable

y los cuales se identifican en el mapa por su mayor tamaño y su cercanía a las zonas mineras, en la parte sureste del mapa.

*Tabla 10- Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.
Puntos geoquímicos de interes.*

ELEMENTO	% - ppm	ELEMENTO	% - ppm
Fe %	1.99	Fe %	2.63
Ga ppm	0	Ga ppm	0
Mg %	0.76	Mg %	1.02
Mn ppm	229.1	Mn ppm	538.54
Mo ppm	1.03	Mo ppm	1.54
Ni ppm	25.01	Ni ppm	23.24
Au ppb	1	Au ppb	142
Ag ppm	0.79	Ag ppm	6.24
P ppm	554.87	P ppm	523.68
Pb ppm	16.92	Pb ppm	70.77
K %	0.7	K %	0.28
Se ppm	532	Se ppm	473
Na ppm	212.46	Na ppm	209.2
Sb ppm	3.51	Sb ppm	25.85
Sc ppm	11.76	Sc ppm	8.17
Sn ppm	0.12	Sn ppm	0.20999
Sr ppm	259.21	Sr ppm	133
Tl ppm	5.9	Tl ppm	5.9
Te ppm	149	Te ppm	149
Al %	2.42	Al %	1.6
Be ppm	0.79	Be ppm	0.9
Bi ppm	0.17	Bi ppm	1.18
Ba ppm	143.69	Ba ppm	70.52
Cd ppm	1	Cd ppm	2.25
Ca %	12.87	Ca %	6.8
Co ppm	7.63	Co ppm	9.82

Cu ppm	46.63	Cu ppm	57.67
Cr ppm	45.83	Cr ppm	52.83
U ppm	1.48	U ppm	1.81
W ppm	4.9	W ppm	4.98
Zn ppm	83.28	Zn ppm	113.24
As ppm	13.9	As ppm	106.96

*Tabla 11- Elaboración propia con base en datos de GeoInfoMex del SGM.
Puntos geoquímicos en zonas mineralizadas importantes*

ELEMENTO	% - ppm	ELEMENTO	% - ppm
Fe %	2.7	Fe %	6.97
Ga ppm	0	Ga ppm	0
Mg %	2.44	Mg %	0.71999
Mn ppm	1058	Mn ppm	515.27
Mo ppm	4	Mo ppm	19.54
Ni ppm	21	Ni ppm	15.75
Au ppb	45	Au ppb	10
Ag ppm	0.4	Ag ppm	1.31
P ppm	399	P ppm	1083.4
Pb ppm	209	Pb ppm	226.52
K %	0.24	K %	0.23999
Se ppm	900	Se ppm	3100
Na ppm	146	Na ppm	118.54
Sb ppm	141.9	Sb ppm	45.43
Sc ppm	3	Sc ppm	4
Sn ppm	1	Sn ppm	18.85
Sr ppm	41	Sr ppm	78.19
Tl ppm	5.9	Tl ppm	5.9
Te ppm	800	Te ppm	562
Al %	2.41	Al %	1.03
Be ppm	0.9	Be ppm	1.71

Bi ppm	2	Bi ppm	78.86
Ba ppm	75	Ba ppm	209.18
Cd ppm	2.2	Cd ppm	12.39
Ca %	9.09	Ca %	5.37
Co ppm	6	Co ppm	18.17
Cu ppm	33	Cu ppm	588.7
Cr ppm	33	Cr ppm	119.21
U ppm	10	U ppm	1.75
W ppm	9	W ppm	14.55
Zn ppm	473	Zn ppm	338.57
As ppm	210.7	As ppm	557.03

Secciones geológicas

La zona propuesta a explorar se encuentra en la carta geológica de Tlacotepec E14-C17. Para fines demostrativos, solo se presenta la zona de la carta geológica en la que está el área propuesta a explorar (Figura 7).

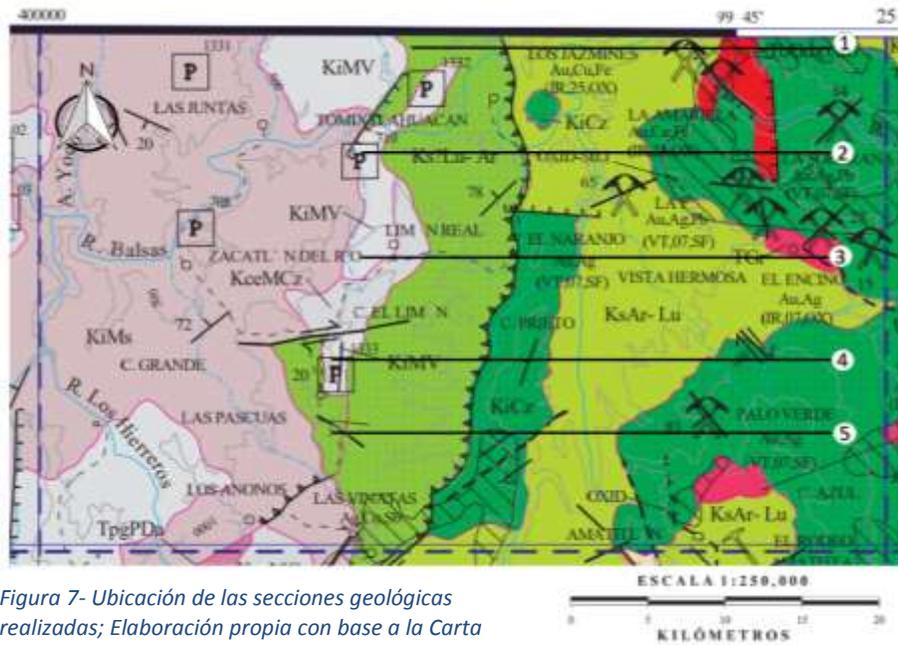
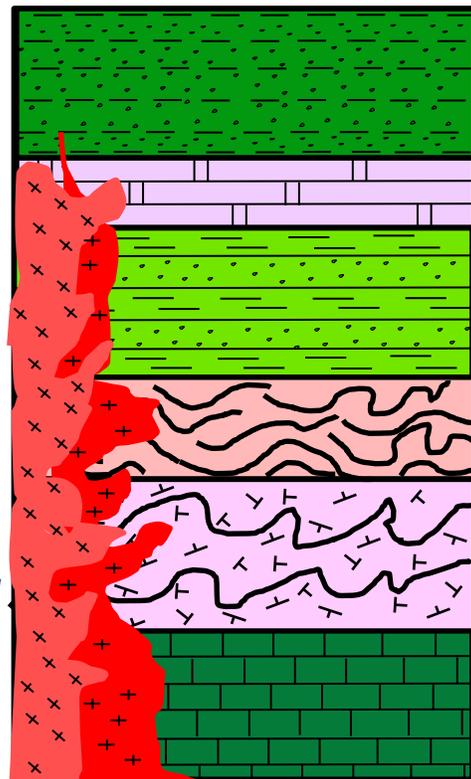


Figura 7- Ubicación de las secciones geológicas realizadas; Elaboración propia con base a la Carta geologica-minera de Chilpancingo del SGM

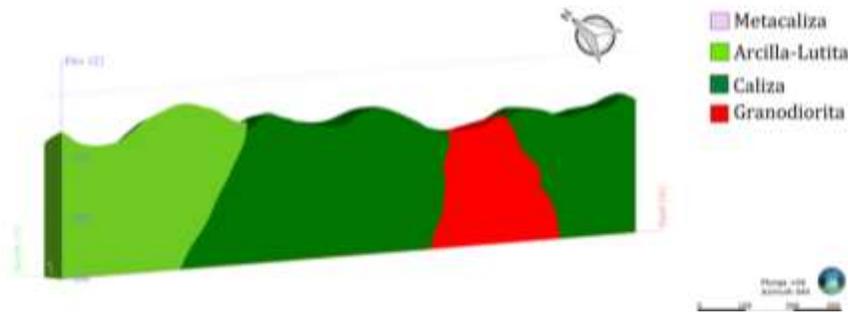
Se realizó una columna estratigráfica de la zona, donde se presentan los tipos de roca, así como el orden cronoestratigráfico en el que se fueron depositando. Se observan los cuerpos intrusivos, atravesando gran parte de la columna. Se encuentran en contacto con las rocas caliza lo cual es un elemento importante en un yacimiento tipo skarn.

- Lutita-Arcilla
- Metacaliza
- Arcilla-Lutita
- Metasedimentario
- Metavolcánico
- Caliza
- Granito
- Granodiorita

Columna 1- Columna estratigráfica de la zona de interes.

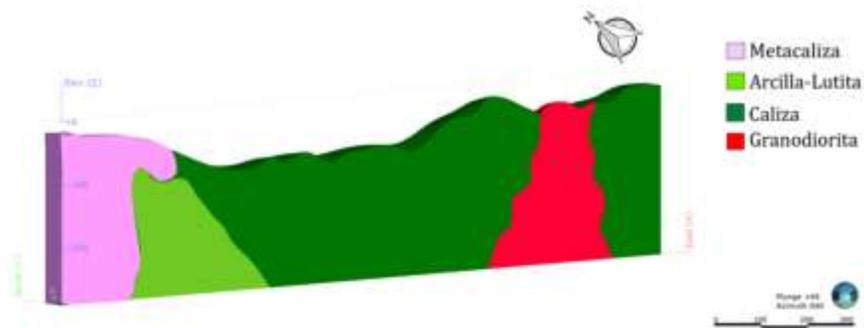


Sección 1



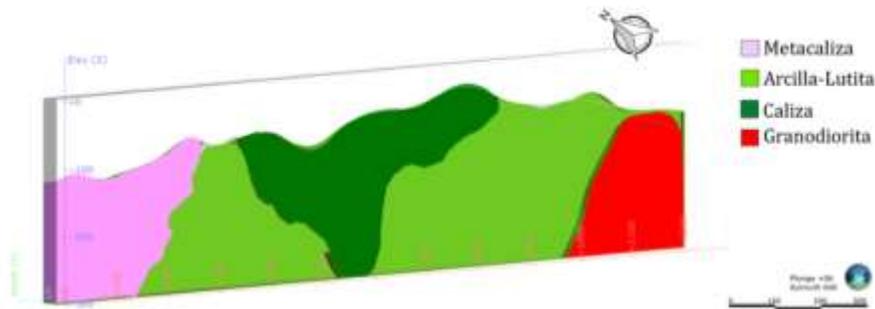
Sección 1. La primera sección de la zona de estudio cuenta con un cuerpo de caliza, el cual está siendo intrusionado por un cuerpo magmático de composición granodiorítica. Mientras que al oeste se encuentra un paquete de lutita-arenisca aflorando.

Sección 2



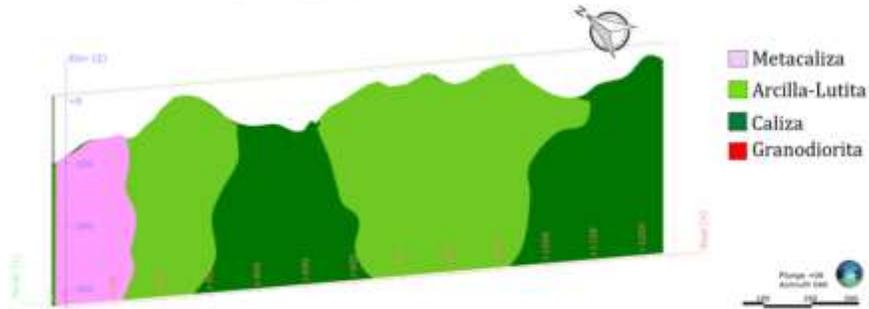
Sección 2. En esta sección de la zona de estudio se presenta un cuerpo de caliza, el cual está siendo intrusionado por un cuerpo magmático de composición granodiorítica. El paquete de lutita-arenisca comienza a ser cubierta por un paquete de metacaliza.

Sección 3



Sección 3. En esta sección se encuentra un cuerpo intrusivo granítico, con menor proporción a las secciones pasados, mientras que el paquete de arenisca-lutitas es más grande.

Sección 4



Sección 4. Sección con presencia de caliza, sin ningún cuerpo intrusivo presente, a pesar de esto, continúa el cuerpo de metacaliza, por lo que podríamos tomar en consideración un intrusivo más profundo.



Sección 5. Al sur de la zona de estudio, la quinta sección solo cuenta con cuerpos de caliza y de lutita-arenisca, podría significar el límite de los cuerpos intrusivos que se encontraban al norte.

Distribución de alteraciones

A continuación, se presentan imágenes de satélite de la zona propuesta a explorar en el estado de Guerrero, (fig. 8). En color rojizos se presentan las posibles zonas de alteración, las cuales pueden ser indicativas de una mineralización importante en la zona (fig. 9).



Figura 8- Imagen satelital con color natural del área de estudio

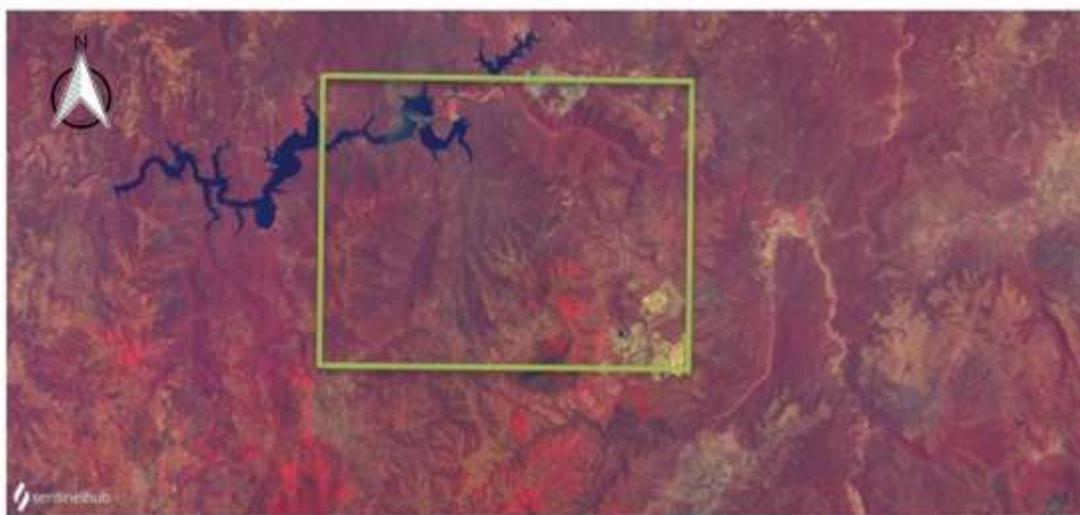
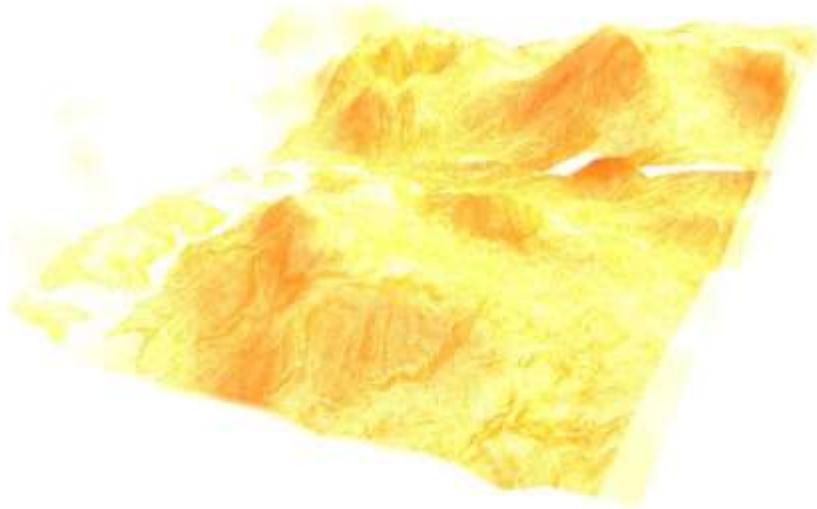


Figura 9- Imagen satelital con filtro para observar alteraciones

Modelo 3D



MODELO 3D - CURVAS DE NIVEL



Modelo tridimensional del área de interés, porción perteneciente a la carta topográfica del SGM E14C17 - Tacotepec.

Figura 10- Modelo 3D de la Zona de investigación

Para realizar el modelo 3D geológico, se realizó un modelo 3D de la topografía del lugar con ayuda de las curvas de nivel de la zona de interés (Figura 10). En el cual se muestra la elevación del lugar, las pendientes y geoformas.

Modelo 3D

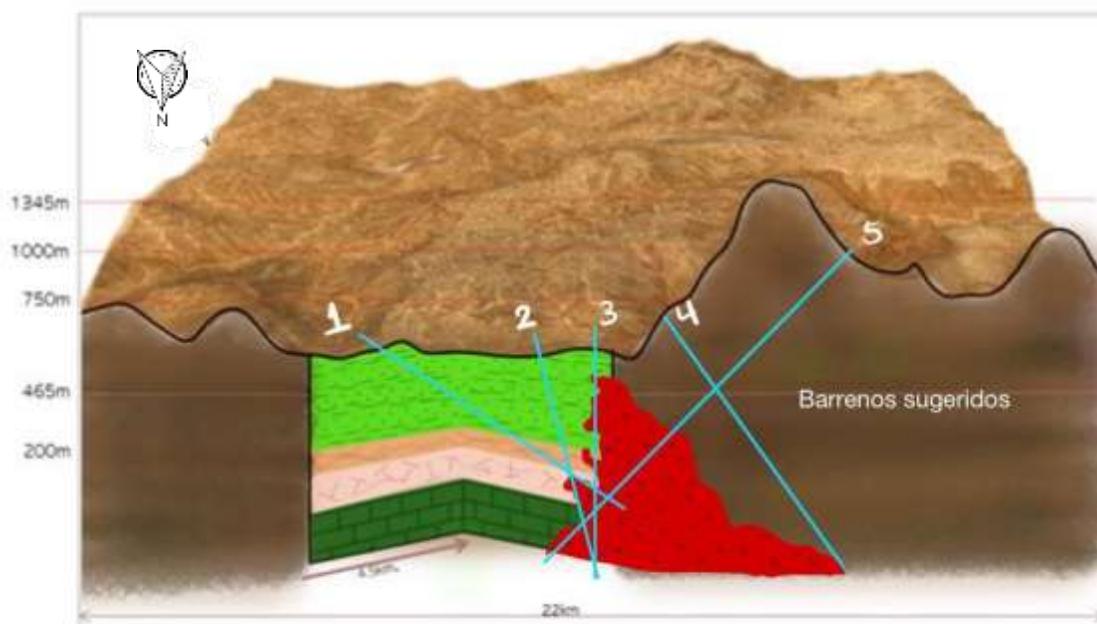


Figura 11- Modelo Geológico Integral (3D)



Tabla 12-Tabla de barrenos sugeridos

Nº de barreno	Grados de inclinación
1	35°
2	75°
3	90°
4	40°
5	45°

En el modelo geológico en 3D (Figura 11) se presentan los tipos de rocas que se encuentran debajo de la superficie, tratando de proyectar cómo están distribuidas, se observar el relieve de la zona. Hay presencia de arenisca, lutitas, calizas, meta sedimentarios y meta volcánicos. En la tabla 7 se enumeran nuestros barrenos sugeridos junto con su respectivo grado de inclinación.

CONCLUSIÓN

Gracias a todo lo anterior, podemos interpretar que Mezcala es un distrito con gran potencial minero, así como lo han sido varias ubicaciones del estado de Guerrero. Es importante contar con toda esta documentación al momento de realizar la prospección y evaluación en zonas aledañas a ésta. A pesar de que se cuenta con un gran registro de logeos mineros por parte de Grupo México y otras compañías mineras.

Mientras se realizaba la búsqueda de una zona prospecto, identificamos que existen muchas zonas de alteración, lo cual es indicativo de un gran oportunidad y posibilidad de encontrar yacimientos relevantes con importante contenido mineral, haciendo estos tener un interés económico.

El modelo obtenido (Figura 11) a partir de las secciones geológicas construidas nos da una interpretación relativa de los cuerpos intrusivos y alterados debajo de la superficie, los cuales en los yacimientos de tipo Skarn son zonas con alta probabilidad de contener leyes rentables para la explotación.

Al finalizar la recopilación de datos se puede concluir que el distrito de Mezcala cuenta con una amplia oportunidad y se debería continuar con la exploración de este.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda descartar la zona de estudio presentada en este trabajo, ya que las condiciones y la proporción de mineral contenido no favorecen la explotación y no resulta rentable. A pesar de eso, con las imágenes satelitales se puede inferir presencia de bastante alteración al suroeste de la región de Mezcala, por lo cual se debería tomar en consideración dicha zona para realizar un proyecto de exploración.
- Debido a que se necesitan datos aún más precisos, se recomienda seguir haciendo estudios especializados, con muestras de campo que permitan afirmar la presencia de cantidades importantes de minerales a explotar. Dentro de estos estudios se puede recomendar hacer barrenación en la zona para tener una idea más clara sobre la calidad del material debajo, así como de los minerales que se puedan encontrar ahí, a partir de esto poder hacer estudios que demuestren el contenido mineral, la cantidad de éste y si es rentable o no.
- En lo social, se recomienda tener una buena relación con la gente que habita cerca de las zonas, tener un acuerdo que beneficie a ambas partes. Por nuestra parte, creemos que sería importante establecer una comisión que funja como intermediario entre las mineras interesadas en la región de Mezcala, Guerrero y su comunidad, esto para evitar disgusto en la población cercana.
- Dicha comisión se deberá de encargar, contando con el apoyo de las mineras, de generar programas sociales y ver por el bienestar de los habitantes. Esto deberá de ser en un acuerdo con los habitantes para facilitar el acceso a cualquier zona de interés para dichas mineras. Es importante que la comisión sea imparcial, para así poder evitar favoritismos a cualquier empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Atkinson, W.W. Jr, Einaudi, M.T., (1978), *Skarn formation and mineralization in the contact aureole at Carr Fork, Bingham, Utah*: Economic Geology, 73, 1326-1365.
2. Cabrera, C., Delgado, C., et.al (1984). *Seminario de Yacimientos Minerales. Tesis Profesional*, IPN-Ciencias de la Tierra. Ciudad de México, México.
3. Cantú Suárez, M. A., et. Al. (2016) *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Servicio Geológico Mexicano. 2017*.
4. Díaz-Salgado, C., (2000). *Caracterización petrotectónica de los intrusivos relacionados a la mineralización del yacimiento Nukay, Mezcala, Guerrero: Taxco, Guerrero*, Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero. Estado de Guerrero, Guerrero.
5. Figueroa, G. (2015) *Depósitos tipo Skarn*. Geoaprendo. Disponible en https://www.academia.edu/33326619/Dep%C3%B3sitos_tipo_Skarn_-_Apuntes.
6. Fries, C. Jr., (1960), *Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México*: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín, 60, 36 p.
7. González-Partida, E., Levresse, G., Carrillo-Chávez, A., Cheilletz, A., Gasquet, D., Solorio-Munguía J., (2003), *(Au-Fe) skarn deposits of the Mezcala District, south-central México: adakite association of the mineralizing fluids*: International Geology Reviews, 45, 20–34.
8. González-Partida, E., Levresse, G., Carrillo-Chávez, A., Cheilletz, A., Gasquet, D., Jones, D., (2003), *Paleocene adakite-bearing Au-Fe intrusive rocks, Mezcala, Mexico: evidence from geochemical characteristics*: Journal of Geochemical Exploration, 80, 25–40.

9. Guerrero, M. (2004). *Depositional and tectonic history of the Guerrero Terrane, Sierra Madre del Sur; with emphasis on sedimentary successions of the Teloloapan area, southwestern México*. Ph D Tesis Memorial University of Newfoundland. Canadá.
10. Jones, D.M., and Jackson, P.R. (1999). *Geology and Mineralization of the Los Filos Gold Deposit, Nukay District, Guerrero State, Mexico* extended abstract in Proceedings Volume of the Sesiones Tecnicas de la XXIII Convención de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas, y Geólogos de México.
11. Landin, L et al (2011) *Depósitos Minerales de Sonora, México*. Disponible https://www.researchgate.net/profile/Martin_Valencia-Moreno/publication/306152251_Depositos_minerales_de_Sonora_Mexico/links/58b8d0c045851591c5d80802/Depositos-minerales-de-Sonora-Mexico.pdf.
12. López, V.M. (1994). *Manual para la Selección de Métodos de Explotación de Minas*. Facultad de Ingeniería, UNAM. Ciudad de México, México.
13. Micon International Limited. (2003). *Report on the Los Filos Gold Deposit Guerrero State, Mexico*. Unpublished Technical Report Prepared by Micon Consultants for Wheaton River Minerals.
14. Monod, O. y Faure, M. (1991). *La tectónica laramídica del sudoeste de México: Cierre de una cuenca intraarco (Argelia) abierta en el Albiano-Cenomaniano en el arco continental Teloloapan-Zihuatanejo, estado de Guerrero*. Convención sobre la evolución geológica de México. Instituto de Geología UNAM. México.
15. NCL Limited. 2013. "Proyecto Explotación Subterránea—Los Filos Actualización Modelo De Bloques." NCL Limited for Goldcorp Inc. (January 2013): 52 p.
16. Pantoja-Alor, J., (1983), *Geocronometría del magmatismo Cretácico–Terciario de la Sierra Madre del Sur*: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Ciudad de México, México.

17. Pérez, E. y González, E (2010) *Mineralogía de skarn y fluidos asociados a los yacimientos de Cu-Zn-Ni-Co de La Esperanza, Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, núm. 1 Disponible en https://www.researchgate.net/publication/43139174_Mineralogia_de_skarn_y_fluidos_asociados_a_los_yacimientos_de_Cu-Zn-Ni-Co_de_La_Esperanza_Sonora_Mexico

18. Rodríguez, R. (s.f.) *Depósitos de tipo skarn*. Disponible en <https://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/skarn/skarn.htm>

19. Stantec Consulting. (2017). *Amended NI 43-101 Technical Report and Preliminary Economic Assessment, Los Filos Gold Mine, Guerrero State, Mexico*. For Leagold. (March 1, 2017): 295 p.

20. Theodore, T.G., Howe, S.S., Blake, D.W., Wotruba, P.R., (1986). *Geochemical and fluid zonation in the skarn environment at the Tomboy-Minnie gold deposits*. Journal of Geochemical Exploration. Lander County, Nevada

21. Vassallo, L.F. (2008) *Yacimientos Minerales Metálicos* 4ª ed. Versión Online, Boletín. Centro de Geociencias, UNAM. Querétaro, México.