

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES



**"ASIGNACIÓN MINERA LA PUERTA, EN EL MUNICIPIO
DE QUIRIEGO, SONORA, MÉXICO"**

MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES

Para obtener el título de:
GEÓLOGO

Presenta:

Astorga Rodríguez Pablo Enrique

212213040

Hermosillo, Sonora. *Septiembre de 2017*

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología

NOMBRE DE LA MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES:

**“ASIGNACIÓN MINERA LA PUERTA, EN EL MUNICIPIO DE
QUIRIEGO, SONORA, MÉXICO”**

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

PABLO ENRIQUE ASTORGA RODRÍGUEZ

El que suscribe, certifica que ha revisado esta memoria y que la encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Licenciatura en la Universidad de Sonora.

DR. LUCAS HILARIO OCHOA LANDIN

El que suscribe, certifica que ha revisado esta memoria y que la encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Licenciatura en la Universidad de Sonora.

ING. JAIME ESTEBAN ISLAS LOPEZ

El que suscribe, certifica que ha revisado esta memoria y que la encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Licenciatura en la Universidad de Sonora.

M.C. RICARDO AMAYA MARTINEZ

A T E N T A M E N T E

"EL SABER DE MIS HIJOS HARÁ MI GRANDEZA"

**DRA. SILVIA MARTINEZ RETAMA
JEFA DEL DEPARTAMENTO.**

C.c.p. Archivo.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología

Hermosillo, Sonora, 01 de junio, 2017

ING. JAIME ESTEBAN ISLAS LÓPEZ
ASESOR DE MEMORIA
P R E S E N T E.-

Por este conducto y de la manera más atenta, le comunico que ha sido aprobado el tema de Memoria de Prácticas Profesionales propuesto por Usted intitulado:

“ASIGNACIÓN MINERA LA PUERTA, EN EL MUNICIPIO DE QUIRIEGO, SONORA, MÉXICO”

Esto es con el fin de que el alumno: **PABLO ENRIQUE ASTORGA RODRIGUEZ** con Expediente No. **212213040**, pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título de Licenciatura en Geología. Así mismo les comunico que han sido asignados los siguientes Sinodales:

PRESIDENTE M.C. RICARDO AMAYA MARTÍNEZ
SECRETARIO DR. LUCAS HILARIO OCHOA LANDIN
VOCAL ING. JAIME ESTEBAN ISLAS LÓPEZ

Sin otro en particular y agradeciendo de antemano su atención al presente, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E
“EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA”



DRA. SILVIA MARTÍNEZ RETAMA
JEFA DEL DEPARTAMENTO.

El saber de mis hijos
hará mi grandeza
DEPARTAMENTO
DE GEOLOGIA

C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo.

Hermosillo, Sonora, 26 de Abril de 2017

DRA. SILVIA MARTÍNEZ RETAMA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE SONORA
P r e s e n t e.-

Por este conducto y de la manera más atenta, nos permitimos someter a su consideración, para su aprobación el siguiente tema de Memoria de Prácticas Profesionales propuesto por Usted, intitulado:

“ASIGNACIÓN MINERA LA PUERTA, EN EL MUNICIPIO DE QUIRIEGO, SONORA, MÉXICO”

Esto es con el fin de que el alumno **PABLO ENRIQUE ASTORGA RODRIGUEZ** con expediente No **212213040**, pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título de Licenciatura en Geología.

Sin otro en particular y agradeciendo de antemano su atención al presente, quedamos de Usted.

A T E N T A M E N T E
“EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA”



ING. JAIME ESTEBAN ISLAS LÓPEZ
ASÉSOR DE MEMORIA

C.c.p. Interesado.
C.c.p. Archivo

Índice

| | |
|---|----|
| Capítulo I..... | 1 |
| I.1 introducción..... | 1 |
| I.2 Empresa..... | 1 |
| I.3 Trabajos Previos..... | 3 |
| I.4 Acceso al área de estudio..... | 4 |
| I.5 Metodología..... | 5 |
| Capítulo II. Marco geológico..... | 8 |
| II.1 Tectónica Regional..... | 8 |
| II.2 Geología del área de estudio..... | 9 |
| II.3 Mineralización..... | 14 |
| II.4 Geología Estructural..... | 14 |
| Capítulo III. Exploración del área de estudio y sus zonas aledañas..... | 20 |
| III.1 Mina El Volcán..... | 20 |
| III.2 Mina La Fortuna..... | 21 |
| III.3 Prospecto El Trigo..... | 22 |
| Capítulo IV. Alteración Hidrotermal..... | 24 |
| IV.1 Definición..... | 24 |
| IV.2 Clasificación..... | 24 |
| IV.3 Tipos de Alteración..... | 25 |
| IV.4 Claves para identificar las alteraciones hidrotermales..... | 25 |
| Capítulo V. Actividades realizadas en Terreno..... | 27 |
| V.1 Descripción de Campo..... | 28 |
| V.2 Material geológico representativo del área de estudio..... | 33 |
| V.3 Alteraciones hidrotermales en la Carta Quiriego 1:50,000..... | 37 |
| Capítulo VI. Discusión..... | 38 |
| VI.1 Características geológicas del área de estudio..... | 38 |
| VI.2 Columna Estratigráfica de Área de Estudio..... | 39 |
| Conclusión..... | 40 |
| Bibliografía..... | 43 |

Índice de Figuras

Capítulo I. Introducción

- Figura 1 Área de la carta de Quiriego 1:50,000..... 1-2
- Figura I.1 Mapa del estado de Sonora con los principales prospectos realizados por el SGM..... 2-3
- Figura I.2 Trabajos Previos..... 3-4
- Figura I.3 Acceso al área de estudio..... 4-5
- Figura I.4 Análisis geoquímicos realizadas en los centros experimentales en Oaxaca y Chihuahua..... 7-8

Capítulo II. Marco geológico

- Figura II.1 Columna Estratigráfica de la carta Quiriego 1: 50,000 realizada por el SGM..... 13-14
- Figura II.2 Esquema estructural que muestra las fallas reportadas por el SGM para la carta G12-B26..... 17
- Figura II.3 Roceta de Fallas y Fracturas de la carta de Quiriego..... 18

Capítulo III. Exploración del área de estudio y sus zonas aledañas

- Figura III.1 Nivel de Yacimientos Minerales..... 20-21

Capítulo IV. Alteración Hidrotermal

- Figura IV.1 Tipos de alteración hidrotermal. Diagrama de clasificación de las alteraciones hidrotermales..... 25

Capítulo V. Actividades realizadas en Terreno

- Figura V.1 Localización de las áreas La Fortuna y El Depósito..... 27-28

Capítulo VI. Discusión

- Figura VI.1 Mapa geológico de la Asignación Minera "La Puerta" 38-39
- Figura VI.2 Columna estratigráfica 39-40
- Figura VI.3 Croquis representativo del área El Depósito..... 40-41

Resumen.

El Servicio Geológico Mexicano SGM, entre sus actividades se dedica a la cartografía geológica y a la exploración minera, concesionando aquellas áreas de la república mexicana donde pudiera albergar interés geológico-económico.

En la asignación minera La Puerta (AM La Puerta), ubicada en la zona sur del estado de Sonora, se han estado rastreando sustancias de interés económico como Ag, Zn, Pb, Cu y Au (Panorama Minero del Estado de Sonora, 2015), lo cual, además es un área en donde ya ha habido explotación y extracción de metales, y en donde se encuentra la mina activa El Volcán que explota hierro, a 18 km hacia el norte del área de estudio.

La AM La Puerta, ha generado interés particular porque existe un aglomerado volcánico con matriz de cuarzo-turmalina donde hay evidencias que delatan una mineralización que podría resultar ser de interés económico, además hacia el norte, se encuentra la mina abandonada La Fortuna que es una veta rellenando fisuras, con valores de Cu, Fe, Au y Ag, y que podría contener una mineralización más importante por su cercanía al aglomerado volcánico y por su naturaleza geológica.

La exploración se realizó mediante un muestreo de esquirlas, para que posteriormente, sean analizadas en la Gerencia de Centros Experimentales de Chihuahua y así definir las propiedades físicas y químicas de las rocas extraídas.

El área se ubica en la provincia fisiográfica de Sierras Sepultadas, y en el Terreno Guerrero, de acuerdo a la clasificación de terrenos tectonoestratigráficos.

Las características más importantes del presente trabajo, revela principalmente dos aspectos:

- 1) La geología del área de estudio (A.M. La Puerta)
- 2) La exploración de anomalías realizada en dicha área

La Asignación Minera La Puerta, ha sido dividida en dos sub-áreas para su exploración por medio de un muestreo de esquirlas (Figura 1), que son las que

podrían contener anomalías geoquímicas de interés: la primera es el área La Fortuna, y el segundo el área El Depósito, donde se encuentra el aglomerado volcánico antes mencionado.

El informe del SGM para la carta de Quiriego 1:50,000, expuso en sus recomendaciones de exploración lo siguiente:

“Efectuar exploración prospectiva de semidetalle-detalle en las zonas donde afloran las rocas de composición andesítico en conjunto con las rocas cristalinas de composición granodiorítico – granítico En el sector suroeste, se tiene, la mina La Fortuna con mineralización de sulfuros con valores de Ag, Zn, Pb y Au. En la esquina noroeste, el yacimiento de fierro El Volcán queda descartado por encontrarse en explotación; pero si es conveniente hacer trabajos a detalle en los prospectos Robín y Robín 1 y la manifestación El Picacho, asimismo Au, Ag, Cu, Pb y Zn en la mina la Encantada y los prospectos El Sabino, La Batea y Rancho Viejo”.

Capítulo I.

I.1 introducción.

El siguiente reporte corresponde a las memorias de prácticas profesionales realizadas en el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en la asignación minera “La Puerta” del municipio de Quiriego, Sonora.

Las actividades de exploración fueron realizadas junto a los geólogos José Guadalupe Zapata (Universidad de Sonora) y Antonio Díaz Santos (Instituto Politécnico Nacional), quienes fueron designados por el Ingeniero Francisco Cendejas para trabajar y estudiar el área. Ellos han distribuido la zona de muestreo en dos áreas principales que pueden presentar anomalías importantes: la primera es el área La Fortuna (al norte), lugar que ya ha sido explotada por la mina del mismo nombre, la segunda es El Depósito (al sur), donde también se reportan vetas polimetálicas con oro como en las minas abandonadas La Fortuna y El Trigo (Informe SGM, Carta G12-B26, 1:50000, 2014). Adicionalmente al labor de muestro, también se ha cartografiado la zona para una mejor comprensión de la naturaleza geológica que impera en esta área.

I.2 Empresa.

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal con personalidad jurídica y patrimonio propios, regido por la Ley Minera y adscrito sectorialmente a la Secretaría de Economía a través de la Coordinación General de Minería.

Misión: es una Institución comprometida en generar el conocimiento geológico de México y promover su mejor aplicación para coadyuvar a la inversión y la competitividad en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, contribuyendo así al desarrollo nacional.

Actividades de la empresa: Asesorar, apoyar y certificar proyectos mineros e integrar una cartera de proyectos técnicamente sustentados, promoviendo su concurso que generen recursos al SGM, y que fomente la atracción de inversionistas. En esta práctica, la tarea fue buscar mediante un muestreo de esquila, la presencia de anomalías geoquímicas que pudieran contrasta y revelar valores de interés para así vender la concesión a un inversionista interesado.

Los prospectos del SGM en el estado de Sonora se encuentran distribuidos como se muestra en la Figura I.1.

La asignación minera “La Puerta” tiene una superficie protegida de 1,892.4676 ha. Las sustancias de interés en esta área son Ag, Zn, Pb, Cu y Au. (Panorama Minero del estado de Sonora, SGM, 2015).

PROSPECTOS DEL S.G.M. EN EL ESTADO

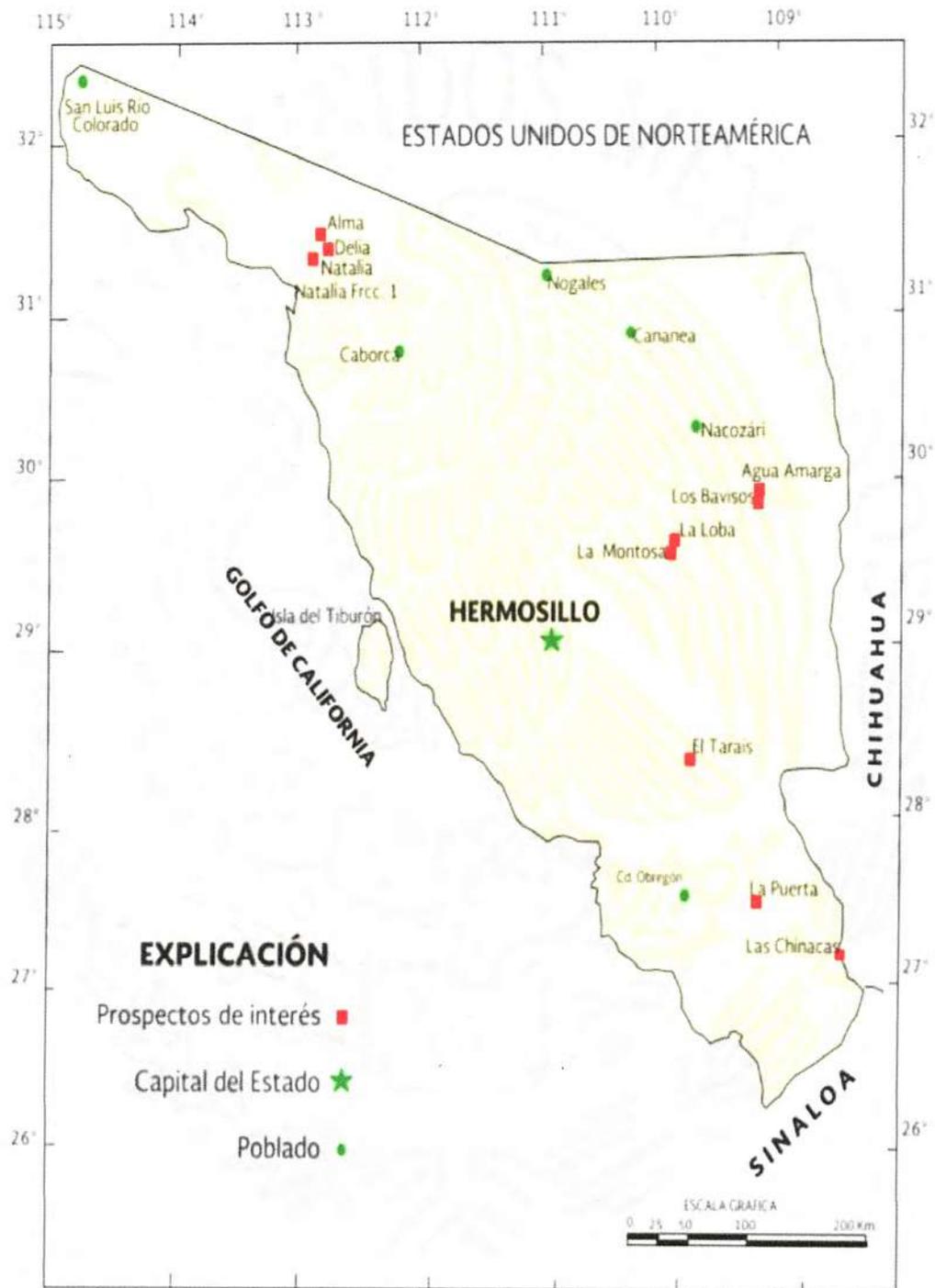
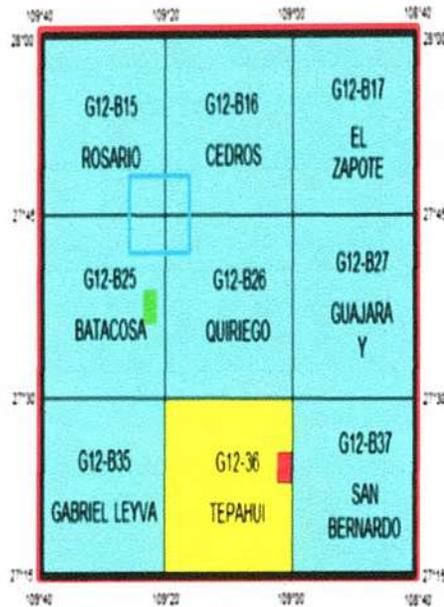


Figura I.1 Mapa del estado de Sonora con los principales prospectos realizados por el SGM.

I.3 Trabajos Previos.

- Dentro de la información existente en la región, destacan los estudios geológicos, tanto de carácter minero como de investigación, a nivel prospección, evaluación, cartografía y compilación.
- La compilación de la información geológica-minera de la región, se describe a continuación (Figura I.2).
- Pesquera-Velázquez, R. et al., 1977, elaboraron un trabajo en el que se presentan las reservas de Mineral de Fierro en México, reportando 550 a 800 millones de toneladas, entre reservas positivas, probables y posibles; destacando en el Estado de Sonora el yacimiento El Volcán, con 5 a 10 millones de toneladas.
- Damon P. et al., 1983, llevaron a cabo un estudio regional de las rocas intrusivas asociadas con el Batolito SonoraSinaloa, determinaron una cronología de sus emplazamientos por el método K-Ar, estableciendo un ambiente tectónico gobernado por el evento orogénico Laramide.
- Pérez-Segura et al., 1995, en su estudio realizado determinan los terrenos tectonoestratigráficos (Norteamericano, Caborca, Cortés y Guerrero) y la mineralización asociada en Sonora y Sinaloa, concluyen que a cada terreno corresponde un tipo específico de yacimiento metálico.
- Islas-López, J., 1996, realizó un reconocimiento geológico minero en la concesión minera 5 de Mayo, municipio de Quiriego, Sonora. Las rocas que afloran en la región corresponden a unidades sedimentarias clásticas, representadas por lutitas carbonosas, areniscas y mantos de grafito, pertenecientes a la Formación Santa Clara del Triásico tardío. Los rumbos predominantes de los mantos varían de N 05° W, con echado de 57° al SW, N 15° E con tendencia vertical y N 42° E con inclinación de 50° al SE; el espesor varía de 0.50 a 2.20 m. El mineral explotable consiste de grafito microcristalino con un contenido de carbón fijo de 13.29 a 55.18%.



- Pesquera-Velázquez *et al.*, 1977, Reservas y ubicación de los yacimientos de mineral de hierro en México.
- Damon *et al.*, 1983, El Batolito Laramide (90-40 Ma) de Sonora.
- Pérez-Segura *et al.*, 1995, Los terrenos tectono-estratigráficos en Sonora y Sinaloa y sus mineralizaciones asociadas: guías para la exploración minera.
- Islas-López, 1996, Informe de la visita de reconocimiento geológico-minero realizada al lote minero "Cinco de mayo", Municipio de Quiriego, Sonora.
- Soberanes-Fragoso, 1996, Proyecto Batacosa: geología, geoquímica y barrenación de un pórfido de cobre-molibdeno, Municipio de Quiriego, estado de Sonora, México.
- Grijalva-Noriega, *et al.*, 2000, Informe de la carta geológico-minera Ciudad Obregón, G12-3, escala 1:250,000, estados de Sonora, Chihuahua y Sinaloa.
- Canizal-Sosa, *et al.*, 2008, Carta geológico-minera y geoquímica Tepahui, G12-B36, escala 1:50,000, estado de Sonora.

Figura I.2 Trabajos Previos

- Soberanes-Fregoso, A., 1996, en su estudio "Proyecto Batacosa" presenta un alineamiento con posibilidades de un yacimiento de cobre-molibdeno, se efectuaron trabajos de cartografía geológica, muestreo geoquímico de esquirlas y geofísica regional, en conjunto con la barrenación realizada por la empresa Luismin-Minera Zapata en el área mineralizada de Cerro Colorado.

- Grijalva-Noriega, F. et al., 2000, realizaron la cartografía geológico-minera de la carta Ciudad Obregón G12-3 escala 1:250,000, en la cual estableció la posición estratigráfica de las diferentes unidades litológicas que afloran en esta región del Estado, su correspondencia con los distintos terrenos estratotectónicos, delimitando el patrón estructural dominante, los yacimientos minerales y definiendo zonas y áreas mineralizadas, así como los diferentes distritos mineros.

- Canizal-Sosa, J. et al., 2008, realizaron la cartografía geológico-minera de la carta Tepahui G12-B36, escala 1:50,000, estado de Sonora, estableciendo la estratigrafía, patrón estructural y la definición de áreas mineralizadas.

(Informe SGM, Carta G12-B26 1:50000, 2014).

I.4 Acceso al área de estudio.

El poblado de Quiriego se encuentra a 80 km hacia el E-NE de la ciudad de Obregón, en la zona sur del estado de Sonora en la transición entre la Sierra Madre Occidental y la Llanura Costera del Pacífico.

La concesión tiene una superficie geográfica aproximada de 19 km cuadrados; limitada por las coordenadas UTM 3047000m a 3051600m Norte y 665000m a 669000m al Este (Figura I.3). La concesión minera "La Puerta" se encuentra a 5 km al NW del poblado de Quiriego.



Figura 1.- Ubicación del área de estudio

I.5 Metodología.

Se desarrollaron varias secciones con dirección E-W tanto en el área La Fortuna como en El Depósito, con el propósito de realizar un muestreo de esquirlas para ser analizadas en el centro experimental Chihuahua en busca de valores anómalos.

El procedimiento formal y detallado usado por el Servicio Geológico Mexicano para realizar un muestreo de esquirlas es el siguiente:

Áreas prospectivas y muestreo representativo de los yacimientos minerales.

El objetivo de la cartografía geológico-minera y geoquímica es generar mapas en los que se presente la relación del marco geológico con los yacimientos minerales. Lo más importante es determinar si todavía se pueden esperar nuevas localidades mineralizadas. Si las hay, a las nuevas áreas se les denomina prospectivas porque el contexto geológico y la experiencia del geólogo-cartógrafo le confieren a esa área (zona o región) la posibilidad de explorarse con objeto de ubicar un nuevo yacimiento.

Para poder confirmar que un yacimiento, prospecto o manifestación tiene potencial, aparte de proponer un modelo genético y la tipología más probable, es necesario demostrar que circularon soluciones que dejaron elementos químicos de importancia económica, y que los volúmenes esperados podrían configurar un depósito mineral con valor económico.

Como las soluciones enfrían normalmente en antiguos espacios abiertos, en brechas, e incluso en la matriz de las rocas, es necesario coleccionar muestras representativas que demuestren que hay valores anómalos de importancia. La cartografía geológica a escala 1:50,000 no permite detallar todas las estructuras individualmente, pero sí es posible indicar hacia dónde se extienden por medio de un muestreo representativo de las alteraciones en la roca. Una muestra bien seleccionada y coleccionada es una porción representativa de un todo. Si no cumple con este propósito, el muestreo es incorrecto o deficiente.

Una muestra representativa del afloramiento, de la veta, las alteraciones, vetillas, diques, el plano de estratificación, el manto, la brecha, o cualquiera otra estructura mineralizada, debe reunir las siguientes condiciones para ser enviada al laboratorio:

- Muestra de esquirlas de canal: cortar a lo largo de un canal libre de pátina de intemperismo, es decir, limpiar perfectamente la superficie antes de tomar la muestra, y cortar perpendicularmente a la veta, las vetillas, la brecha o la alteración más evidente ya que se trata de demostrar si hay valores. Es muy recomendable tomar una muestra adicional al alto o al bajo de la estructura principal, unos dos metros a cada lado, dependiendo del grado y alcance de la alteración.

- Muestra de esquirlas al azar: cortar esquirlas en un radio de uno a tres metros. Se utiliza normalmente para estudios de geoquímica para determinar anomalías durante una fase de exploración.

- Colectar por lo menos 5 kg entre gruesos, finos y polvo de cualquiera de las dos anteriores.

- Muestra especial de una vetilla, una alteración, un pequeño crestón de cuarzo o calcita para determinar si esas estructuras son las que contienen los valores. No se requiere un canal propiamente porque se colecta para comprobar los valores de las vetillas individualmente. Es suficiente con 1.5 kg de muestra.

- En el momento de colectar la muestra, reducir, hasta donde sea posible, el tamaño de los fragmentos o esquirlas para evitar tamaños gruesos porque no permiten homogeneizar perfectamente a la muestra antes de partirla para obtener fracciones de menor peso.

- Posteriormente, quebrar el total de la muestra hasta que pase por la malla de 0.5 cm o $\frac{1}{4}$ ". Homogeneizarla haciéndola pasar 3 veces por el partidor de rifles Jones y separarla a partir de la 4ª etapa hasta obtener una fracción representativa de alrededor de 0.5 kg.

- Anotar el ancho de la muestra. Es muy importante consignarlo en toda tabla o texto en la que aparezca referida, excepto para la muestra especial que no tienen un ancho definido porque sirve para determinar posibles estructuras alimentadoras.

- Es indispensable tomar todas las fotografías que ilustren el sitio, la muestra, los detalles y los valores obtenidos para resaltar las cualidades prospectivas del área.
- Los números de identificación de las muestras deben ser únicos y contener dos letras del nombre de la carta más el dígito consecutivo correspondiente. Por ejemplo, Guadalupe = GU-01; La Cruz = LC-01, Santa María = SM-01.
- En caso de coleccionar en la misma localidad muestras para diferentes estudios, debe asignarse número consecutivo a cada una.

Los estudios de laboratorio se utilizan para definir las propiedades físicas o químicas de las rocas o los materiales. Se llevan a cabo en las dos Gerencias de Centros Experimentales, una en Oaxaca y otra más en Chihuahua. (Instructivo para utilizar símbolos, claves y plantillas en la cartografía geológico-minera y geoquímica, SGM, 2014).

| Caracterización (Centros experimentales SGM) | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|---|
| Caracterización física | Rayos X | | Petrografía | Minerografía | Inclusiones fluidas; Microtermometría | Microsonda de barrido electrónico | Escaneo hiperspectral de esquizilas |
| | Difracción | Fluorescencia | | | | | |
| Para caracterizar roca dimensionable, bancos de caliza, yeso, vidrio, travertino, ónix, carbonato, arcillas feldespato, dolomía. En el caso de roca dimensionable, incluye corte y pulido. | Para determinar especies minerales bien cristalizadas. Útil para identificar minerales arcillosos y de alteración hidrotermal. | Para determinar la presencia cualitativa y cuantitativa de elementos por arriba del 1% de ley. | Estudio en lámina delgada de los minerales que componen a una roca con fines de clasificación. La muestra debe ser lo más sana posible. | Superficie pulida para describir las relaciones texturales y el tamaño del grano de los minerales que componen una roca o mena. | Determinar temperatura y salinidad de fluidos atrapados en minerales translúcidos: cuarzo, calcita y fluorita. | Para detallar contenidos minerales extremadamente finos. Util para relaciones texturales y determinación de tierras raras. | Para obtener firmas espectrales de conjuntos de minerales de alteración hidrotermal. |
| Análisis químico (Centros experimentales SGM) | | | | | | | |
| Otros estudios | | | | | | | |
| Concentración | Ensaye-copelación (Au y Ag) | Sedimento de arroyo | Roca total, Óxidos mayores o Elementos mayores | Isótopos estables (Cerencia de Estudios Especiales) | Isótopos radiactivos (Gerencia de Estudios Especiales) | Macro y micropaleontología (Léxico Estratigráfico de México) | Determinación de macro y micro fósiles con fines de datación relativa y estudios de microfacies |
| Contenido de elementos mediante ICP óptico. Se pueden identificar hasta 31 elementos. Con ICP masas, tierras raras. | Proceso para determinar concentraciones de oro y plata por vía húmeda. | Análisis específico de Au + 31 elementos para determinar anomalías geoquímicas en una región. | Para conocer la geoquímica de cristalización y fusión de un magma, y con ello establecer el ambiente tectónico. | Para conocer origen de magma o de fuentes hidrologicas por medio de isótopos de C, H, O, N, S. | Para dataciones isotópicas, principalmente por el método U/Pb en zircones. | | |

Figura 1.4 Análisis geoquímicos realizadas en los centros experimentales en Oaxaca y Chihuahua.

Capítulo II. Marco geológico.

II.1 Tectónica Regional.

Desde la ruptura de la Pangea, el oeste de la placa de América del Norte ha sido un límite de placas convergente, sitio de la subducción sucesiva de las placas oceánicas Kula (o Vancouver) y Farallón, y de las micro-placas formadas a partir de la fragmentación de ambas (Atwater, 1970; Stock y Molnar). En el oeste de México, la subducción de cuencas oceánicas fue seguida por la colisión de bloques exóticos o marginales que corresponden respectivamente a arcos magmáticos intra-oceánicos o franjas continentales, las cuales provienen del desprendimiento del mismo continente durante la fase de extensión jurásica que fragmentó la margen continental. En el noroeste de México, el arco magmático Alisitos, que pertenece al terreno compuesto Guerrero, colisionó con la parte suroccidental de la placa Norteamericana durante el Cretácico. Posteriormente, la subducción se restringió al margen occidental (Instituto de Geología, UNAM, Boletín 118, Capítulo 8 Calmus, ed.) de dicho terreno; es decir, al oeste de la actual península de Baja California. A fines del Cretácico Tardío, el arco magmático migró hacia el oriente tanto en el suroeste de Estados Unidos como en el noroeste de México, debido a una disminución del ángulo de subducción de la placa Farallón, atribuida a un aumento de la velocidad de convergencia entre las placas Farallón y Norteamericana. Los diferentes modelos cinemáticos globales para este periodo (Engebretson et al., 1985; Jurdy, 1984; Stock y Molnar, 1988) concuerdan en proponer una velocidad más importante de convergencia entre 60 y 40 Ma, y probablemente desde 75 Ma. El desplazamiento hacia el este de la franja magmática alcanza 1,000 km, desde California hasta Colorado, en los Estados Unidos. Acompañando a dicha migración, se produjo una disminución en el volumen de los productos magmáticos (Ward, 1991). En el marco tectónico general de convergencia de placas, el modelo más aceptable para explicar la transición de la fase compresiva Laramide a la fase de extensión Basin and Range es un aumento del ángulo de subducción de la placa Farallón, subsecuente al evento Laramide, por lo menos en la parte sur de la provincia Basin and Range. El cese de la subducción durante el Mioceno Medio

originó un cambio fundamental de la cinemática a lo largo del margen de América del Norte, con el inicio del desplazamiento lateral derecho del dominio oceánico con respecto al margen de América del Norte a lo largo de sistema Tosco-Abrejos-San Benito (Michaud et al., 2004, 2007) y, finalmente, a partir del Plioceno, el desprendimiento progresivo de la península de Baja California a lo largo del sistema de fallas laterales del golfo de California, del valle de Mexicali y del Mar de Salton (Calmus, T. et al., 2011).

II.2 Geología del área de estudio

La geología en el área de estudio es compleja, afloran rocas que van desde Aptiano-Albiano, en el cretácico inferior, hasta rocas y sedimentos del Holoceno y Recientes.

A continuación, se da una breve descripción de las distintas unidades que afloran en el área de estudio y en sus zonas aledañas, desde las más antiguas, a las más recientes.

- Rocas Mesozoicas

Formación Santa Clara

Corresponde a la unidad más antigua, y corresponde al miembro medio del Grupo Barranca del Triásico superior (TRs Ar-Lu), y está constituida por una alternancia de areniscas, areniscas conglomeráticas, lutitas, mantos de carbón y eventuales capas de calizas (Informe SGM, Carta G12-B26 1:50000, 2014).

Sin embargo, esta unidad no aflora en el área de estudio por lo que se intuye a que se encuentra por debajo de las rocas cenozoicas expuestas en esta zona. La formación Santa Clara subyace discordantemente a las rocas riolíticas del Oligoceno, el contacto con la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Alisitos, es tectónico.

Formación Alisitos

La Formación Alisitos es de edad Aptiano-Albiano (Kapa Vs), y está expuesta en los sectores noroeste, suroeste y sureste de la carta. Esta formación presenta una gran diversidad litológica tanto lateral como vertical que incluye rocas volcánicas, vulcanoclásticas marinas, metavolcánicas, metasedimentarias y caliza (Payne et al., 2004). En el área de estudio esta unidad se encuentra conformada por flujos y tobas de composición andesítica, aunque en la carta de Quiriego esta unidad se complementa con horizontes de areniscas, limolitas, lutitas, conglomerados, y niveles de calizas, distribuidas en diferentes localidades de la carta. Las capas de lutitas y las areniscas llegan a presentar metamorfismo regional de bajo grado, así como la presencia de micropliegues, vetas y vetillas con segregaciones de cuarzo; ocasionalmente se observa en la caliza desarrollo de pliegues. La relación con las rocas triásicas es tectónica, y es cubierta, discordantemente, por las unidades volcánicas y sedimentarias terciarias.

Las unidades anteriores son afectadas por intrusiones de granodiorita-granito con variaciones a monzonita (Tpa Gd-Gr) de edad Paleoceno, estas rocas son parte del Batolito Laramídico, ampliamente distribuido en Sonora. (Informe SGM, Carta G12-B26 1:50000, 2014).

Granodiorita-Granito (Terciario Paleoceno Tpa Gd-Gr)

Nombre asignado informalmente a una serie de rocas intrusivas de composición granodiorítica a granítica. Los afloramientos de esta unidad son extensos y se localizan en la porción oeste y sureste de la carta.

Su litología consiste principalmente de granodiorita, granito y muy localmente cuarzomonzonita con algunas zonas de facies porfídicas. Las relaciones estratigráficas de esta unidad son de intrusión, afecta a la secuencia clástica de la Formación Santa Clara (TRs Ar-Lu), así como a las rocas de la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Alisitos (Kapa Vs); por otra parte llegan a estar cubiertas discordantemente por las rocas piroclásticas del Terciario (To Ig-TR), así

como por las rocas basálticas de la unidad Tm B y los sedimentos clásticos de la Formación Báucarit (Tm Cgp-Ar).

Se correlaciona con el cuerpo intrusivo granodiorítico de Piedras Verdes localizado dentro de la carta Mocuzari, el cual se fechó por K-Ar en biotita en 62.2 ± 1.6 Ma (Phelps Dodge, 1996 en Espinosa-Perea, 1999), así como con diversos cuerpos emplazados en la parte central del estado y que forman parte del Batolito de Sonora. (Informe SGM, Carta G12-B26 1:50000, 2014).

- Rocas Cenozoicas

Las rocas riolíticas del Oligoceno (To Ig-TR) están conformadas por ignimbritas, tobas riolíticas, y tobas líticas, con basalto intercalado hacia su cima. Cubren discordantemente a las rocas más antiguas, con las que guarda algunas relaciones tectónicas y son cubiertas, discordantemente, por coladas de basalto del Mioceno.

Coronando a las rocas máficas, se tienen depósitos volcánicos félsicos de edad Mioceno, constituidos por toba riolítica (Tm TR), con afloramientos restringidos en la porción sur de la carta; son correlacionables con la Formación Lista Blanca, datada en la localidad tipo, entre 10 y 12 Ma.

Formación Baucarit

Los sedimentos continentales depositados en el Mioceno, rellenan cuencas tectónicas intermontanas y sobreyacen a las rocas riolíticas oligocénicas. Esta unidad aflora en la mitad occidental y noreste de la carta, y está constituida por intercalaciones de conglomerado polimíctico, areniscas y tobas líticas (Tm Cgp-Ar), y es correlacionable con la Formación Báucarit. Contemporáneo con los depósitos clásticos de la Formación Báucarit, se tienen extensos afloramientos de rocas máficas del Mioceno, constituidas por basaltos, aglomerados, brechas, y andesitas basálticas (Tm B), las cuales cubren discordantemente a las unidades anteriores, y se intercalan con los sedimentos de la Formación Báucarit

Basalto (Tm B)

Esta unidad cubre básicamente la parte sur-oriental del área de estudio, ocupando alrededor de un 8% del área total.

Se agrupó bajo este nombre a una secuencia volcánica de composición máfica constituida por flujos y aglomerados de basalto.

Su litología consiste de flujos de basalto que conforman cuerpos masivos, aglomerados y escasos depósitos piroclásticos.

En base a su correlación con el evento volcánico que se tiene reportado en diversas localidades del Estado y a su relación que guarda con las rocas de la Formación Báucarit, se le asigna una edad Mioceno.

En algunas partes dentro del área de estudio, cubren de forma discordante a la secuencia de rocas vulcanosedimentarias Cretácicas (Kapa Vs); se presentan intercaladas con las rocas sedimentarias de la Formación Báucarit (Tm Cgp-Ar), y se llegan a observar subyaciéndolas o bien cubriéndolas concordantemente. Cubren de manera discordante a las rocas volcánicas félsicas de la unidad (To Ig-TR).

Toba Riolítica (Terciario Mioceno Tm TR)

Esta unidad cubre cerca de un 5% del área total, y se encuentra en la parte centro-suroriental del área de estudio.

Bartollini et al. (1991) establecieron una edad terciaria para esta secuencia mostrando que las rocas volcánicas en el cerro Lista Blanca sobreyacen concordantemente a la Formación Báucarit reportando una edad K-Ar de 10.4 Ma, para una latita de esta secuencia.

Ésta unidad se encuentra cubriendo de forma discordante a las rocas basálticas de la unidad Tm B.

Su edad Mioceno se da por la correlación con la Formación Lista Blanca, tomando las dataciones que para dicha formación realizaron en el cerro Lista Blanca, Bartollini et al. (1991), reportando una edad por el método K-Ar de 10.4 Ma, y McDowell (1997), quien reporta 12.3 Ma al sureste del poblado de La Colorada.

Arena-Limo (Qho ar-lm)

Se agruparon bajo esta nomenclatura a los depósitos de arena y limo, acumulados en superficies semi planas.

Cubren discordantemente a las rocas clásticas de la Formación Báucarit y parcialmente a la granodiorita y se le asigna una edad del Holoceno.

(Informe SGM, Carta G12-B26 1:50000, 2014).

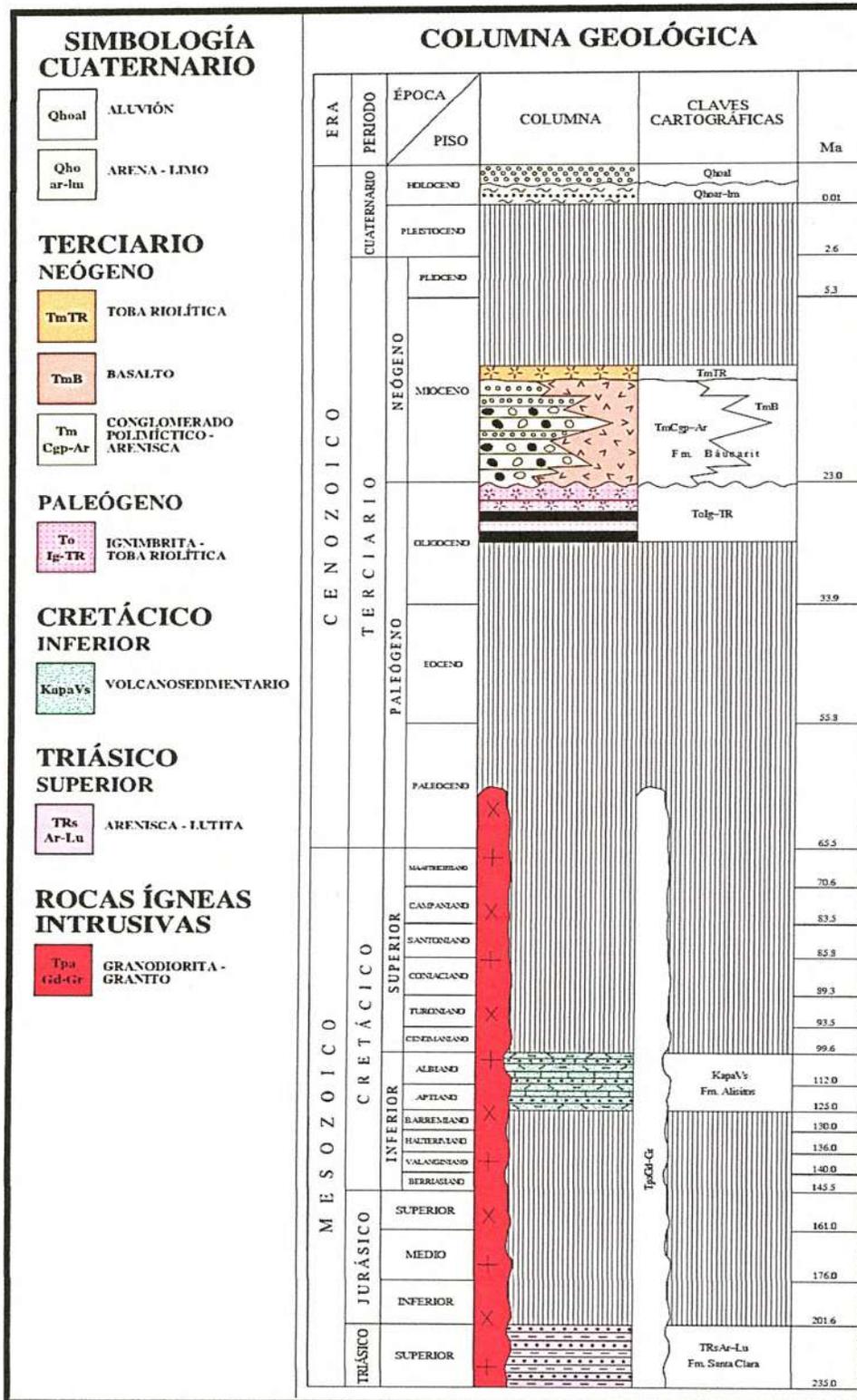


Figura II.1 Columna Estratigráfica de la carta Quiriego 1:50,000 realizada por el SGM.

II.3 Mineralización

Los depósitos minerales corresponden a vetas hidrotermales con oro, plata, plomo, zinc, cobre y ocasionalmente tungsteno, y a cuerpos irregulares de origen ortomagmático con mineralización de hierro. Se identificó alteración propilítica y silicificación, así como oxidación supergénica, en las rocas vulcanosedimentarias de la Formación Alisitos, y en las intrusiones batolíticas laramídic. Se identificaron tres áreas mineralizadas: El Volcán, Potrerillos y El Limón, relacionadas con los intrusivos batolíticos félsicos.

II.4 Geología Estructural

Compresión Laramide

Durante el Cretácico Tardío y el Terciario temprano, el norte de México estuvo sujeto a un evento compresivo correspondiente a la orogenia Laramide. Este evento provocó un engrosamiento de la corteza asociado tanto a las cabalgaduras, como al emplazamiento de importantes volúmenes de rocas magmáticas. A la orogenia Laramide se atribuye clásicamente los cinturones de pliegues y de cabalgaduras del noreste de México (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León), el magmatismo del noroeste del país (Sonora, Baja California, Sinaloa) y los depósitos minerales relacionados, así como un metamorfismo regional localizado en el noroeste de Sonora.

Sierras y Valles Paralelos (Basin and range)

La migración del magmatismo hacia el este culmina durante el Oligoceno con la formación de la Sierra Madre Occidental, antes de un retroceso progresivo a través de Sonora hasta alcanzar la posición del arco Comondú. Simultáneamente, la regresión del arco magmático hacia la trinchera se acompaña de una extensión regional de la placa superior entre el Oligoceno Tardío y el Mioceno Tardío. Es la etapa de Basin and Range que se caracteriza por una morfología conforme a la formación de Sierras y Valles (Horst and Grabens) en la parte superior de la

corteza, y por la exhumación de niveles más profundos a lo largo del cinturón de complejos de núcleo metamórfico, como el de Mazatán..

Las estructuras asociadas a la compresión Laramide y a la extensión cenozoica tienen una amplia distribución a lo largo del flanco occidental de América del Norte, y son, en términos generales, paralelas a la trinchera. Es el caso, por ejemplo, de los cabalgamientos del este de la Cordillera, de las cuencas y sierras alargadas según una dirección N-S a NNW-SSE, así como del cinturón de complejos de núcleo metamórfico.

Tanto en Sonora como en Arizona, se ha reconocido dos estilos de deformación extensional durante el Cenozoico: uno se caracteriza por tasas altas de deformación, el desarrollo y la exhumación de zonas de cizalla dúctil que corresponden a fallas normales de bajo ángulo y la asociación con un magmatismo félsico; mientras que el otro, se caracteriza por tasas bajas de deformación, fallas de ángulo alto que penetran profundamente en la corteza superior y una asociación con un volcanismo máfico y félsico.

Apertura del Golfo de California

Desde fines del Mioceno Medio hasta la actualidad, Sonora y sus zonas aledañas están sometidas a una extensión regional que se manifiesta de maneras diversas: (1) reactivación de las fallas preexistentes formadas durante la fase Basin and Range; (2) generación de nuevas fallas normales que cortan a las preexistentes; y (3) apertura del golfo de California.

El Golfo de California es un elemento muy reciente en la historia geológica del noroeste de México. En Sonora, las estructuras asociadas con la fase de extensión del Mioceno Tardío-Plioceno son fallas normales con rumbos aproximados N-S y cuencas distribuidas a lo largo de la margen oriental del Golfo (Aragón-Arreola et al., 2005), así como fallas con movimiento lateral derecho.

A partir del estudio de las cuencas del norte del golfo de California, Aragón-Arreola y Martín-Barajas (2007) identificaron una migración de la extensión hacia el Oeste.

Las cuencas inactivas Adair-Tepoca y Alto Tiburón dejaron lugar a las cuencas activas de Wagner, Consag, Alto y Bajo Delfín (Oskin y Stock, 2003). A las primeras se debe agregar el graben de Empalme, el cual corresponde a una cuenca de tipo pull-apart, situada en la prolongación de la cuenca de Guaymas. En los bordes del graben de Empalme, se observa mesetas basálticas desplazadas por fallas normales (Roldán-Quintana et al., 2004).

(Calmus, T. et al, 2011).

El SGM hizo un estudio estructural de toda la carta de Quiriego, que se presenta de manera resumida a continuación.

Deformación dúctil

En las rocas vulcanosedimentarias cartografiadas de la unidad Kapa Vs, la foliación principal tiene un rumbo preferencial N10°-74°W con una inclinación promedio de 54° al SW, y 75° al NE; mientras que otros datos de foliación presentan un rumbo N35°-85°E con una inclinación promedio de 42° al NW y 47° al SE.

Deformación dúctil-frágil

La deformación dúctil-frágil consiste de fallamiento inverso y cabalgadura inferida que afectan a rocas de las unidades TRs Ar-Lu y Kapa Vs m, representadas por las fallas El Tope y La Soledad.

Deformación frágil

La deformación frágil se presenta como fallas normales, laterales y lineamientos, los cuales fueron identificados con ayuda del modelo digital de elevación, la imagen de satélite y posteriormente verificados en campo.

Las fallas normales presentan dos sistemas con direcciones: NW-SE y NE-SW.

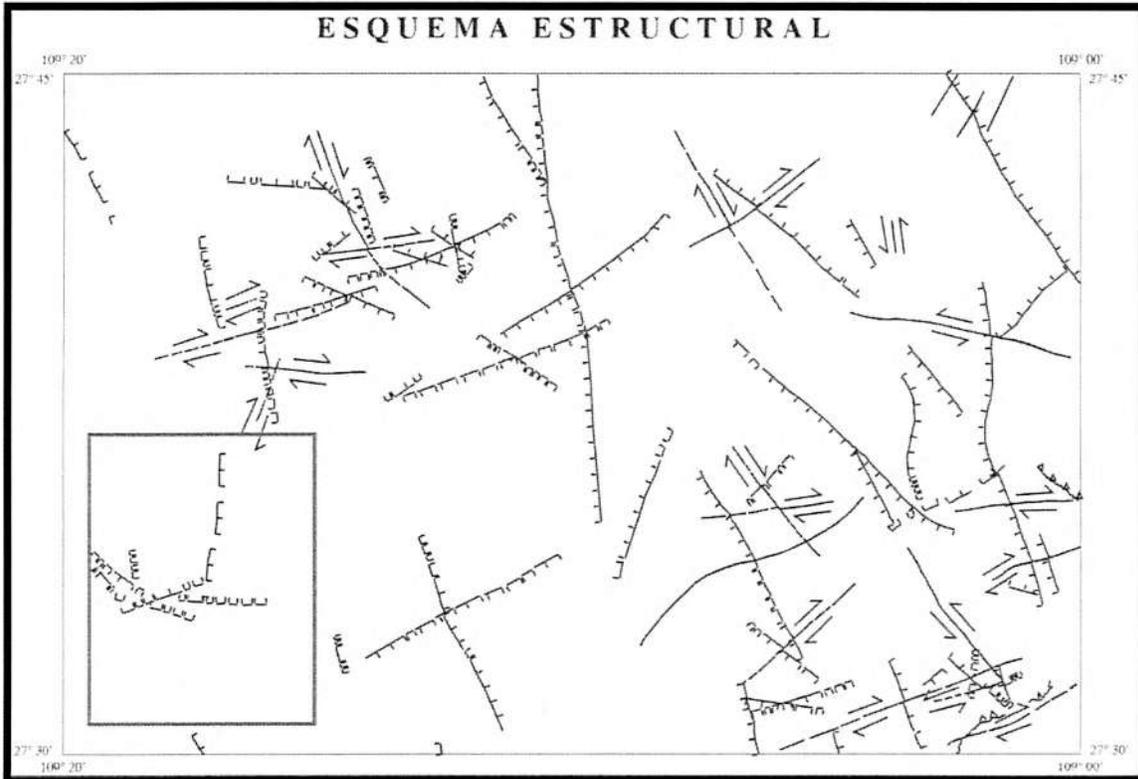


Figura II.2 Esquema estructural que muestra las fallas reportadas por el SGM para la carta G12-B26 (Carta Geológica-Minera G12-B26, 2015). El cuadro rojo es la zona del área de estudio.

En la Figura II.3 se ilustra la roseta de fracturas que muestra las tendencias preferenciales en que ocurren estas estructuras frágiles; en donde resultaron dos orientaciones preferenciales una en la dirección N 50° W y la segunda en una dirección N 80° W, lo cual define que la componente principal de los esfuerzos extensivos varía de N 40° E a N 10° E.

Al integrar esta información con la obtenida en los estereogramas, se puede concluir que los esfuerzos extensivos actuaron en una dirección que varía de N 40° E de N 10° E y ocasionaron el basculamiento al NE del bloque que contenía a las unidades mesozoicas y cenozoicas de la carta. (*Informe SGM, Carta G12-B26, 1:50000, 2014*).

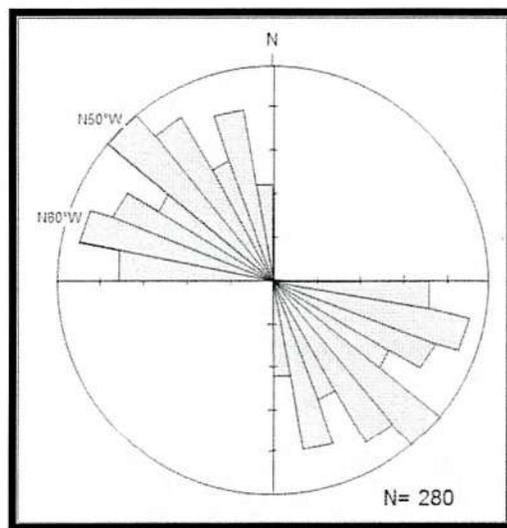


Figura II.3 Roceta de Fallas y Fracturas de la carta de Quiriego.

Mineralización hidrotermal

Las manifestaciones de mineral con zonas de alteración hidrotermal están relacionadas a estructuras del tipo vetas-fallas, y su evolución se asocia a un marco tectónico de convergencia de placas en un ambiente de arco magmático asociado que evoluciona espacial y temporalmente que existió desde el Mesozóico y gran parte del Terciario; este evento compresivo es conocido como Orogenia Laramide y actuó sobre las rocas mesozoicas de la región generando fuerte fracturamiento y fallamiento.

En el área de estudio, los depósitos minerales mantienen un importante control estructural y de manera subordinada litológico, en el que la mineralización se aloja en zonas de fallas y fracturas preexistentes cuya orientación se estableció a consecuencia de un régimen tectónico dominante. Bajo estas condiciones tectónicas, el marco geológico regional, está enmarcado en un esquema compresivo con presencia de magmas provenientes de márgenes activos en zonas de subducción donde se genera engrosamiento de corteza continental, alzamiento activo y erosión.

El emplazamiento de cuerpos intrusivos granodioríticos-graníticos y cuarzomonzoníticos que afectaron a la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Alisitos del Cretácico Aptiano-Albiano, generó estructuras hidrotermales (vetas), relacionadas con fallas normales y laterales con orientación NE-SW y echados al NW y SE, en menor escala NW-SE con inclinación al NE-SW y espesores variables.

Capítulo III. Exploración del área de estudio y sus zonas aledañas.

La actividad minera en la zona estudiada, posiblemente se desarrolló entre las décadas de los cincuentas y sesentas, realizando explotación en las localidades de La Batea, La Encantada, Robin, Robin 1, Rancho Viejo, El Saucito, El Sabino, La Fortuna, El Sacrificio y El Salvador; en la actualidad tal actividad se realiza únicamente en la mina El Volcán (Figura III.1), donde se tiene conocimiento de que dicho yacimiento ha sido trabajado en diferentes épocas desde los años 60's, explotando a tajo abierto mineral de fierro, en donde se estima se han extraído alrededor de 300,000 toneladas de material que fue enviado para la producción de cemento (CEMEX) y para la fabricación de acero en AHMSA. (*Informe SGM, Carta G12-B26, 1:50000, 2014*).

A continuación se da una breve descripción de las diferentes áreas de interés económico expuestas en el área de estudio.

III.1 Mina El Volcán

Las rocas que afloran en el área corresponden a: andesitas masivas propilitizadas, aglomerados y toba andesíticas de la Formación Alisitos de edad Cretácico Aptiano-Albiano; intrusionadas por las rocas batolíticas de granodiorita-granito de edad Paleoceno, y localmente monzonitas en el tajo de la mina El Volcán. Se tiene la presencia de areniscas y conglomerados de la Formación Báucarit de edad Mioceno; ignimbritas y tobas riolíticas de edad Oligoceno, que cubren a las rocas descritas arriba.

El yacimiento en operación, El Volcán, se considera de origen magmático, con estructuras mineralizadas de forma tabular asociadas a un origen hidrotermal.

La mina El Volcán actualmente en producción, se ubica a 24.5 km, al noroeste de la cabecera municipal de Quiriego (Figura III.1), en las coordenadas UTM 666869 E y 3069560 N.

La explotación del mineral de fierro (magnetita+hematita) se realiza a cielo abierto con una burda orientación del tajo en dirección norte-sur, de 800 m de longitud en

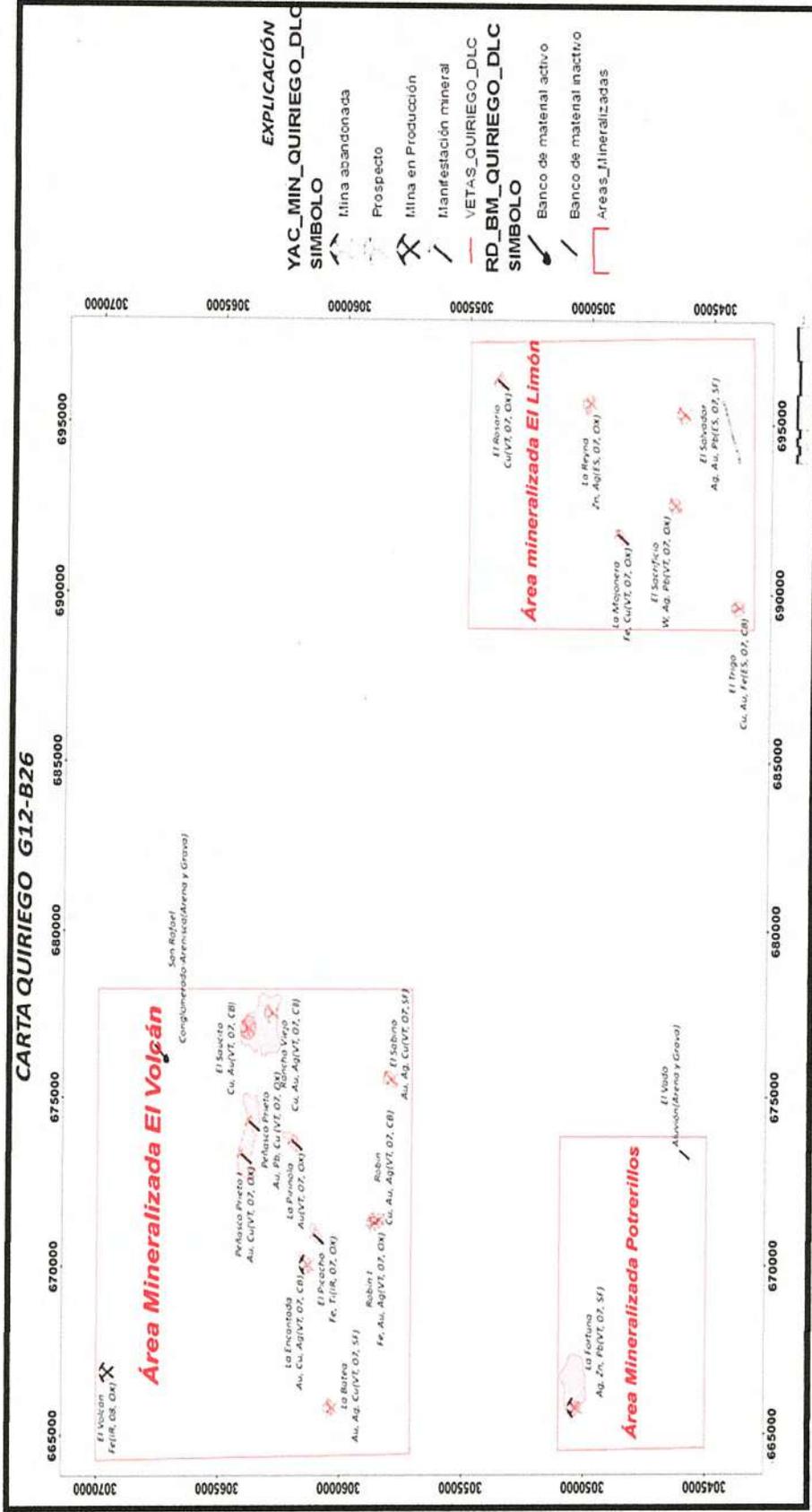


Figura III.1 Ubicación de Yacimientos Minerales.

su eje mayor, por 490 m de ancho y 200 m de desnivel estimado. Las dimensiones originales del depósito antes de su explotación a gran escala eran de 240 m x 170 m x 16 m; actualmente son de 600 m de longitud, >200 m de profundidad y un espesor que varía de 35 a 135 m, con un rumbo aproximado N 15° E, inclinándose 35° al SE.

El cuerpo de fierro se encuentra encajonado en roca intrusiva de la unidad Tpa Gd-Gr y localmente se tiene un intrusivo de composición monzonítica.

III.2 Mina La Fortuna

Forma parte del área de estudio realizada en el presente trabajo, y se encuentra a 8.0 km, al noroeste de la cabecera municipal de Quiriego, en las coordenadas UTM 12 R 665789 E y 3050333 N.

Como obras mineras se tiene un tiro inclinado de 3 por 2 m de sección y 40 m de profundidad aproximadamente, desarrollado a lo largo de una estructura de veta; al sureste de esta obra se tiene el socavón de acceso con sección de 1.5 por 2.0 m, a los 15 m se localiza cruce sobre estructura, con desarrollo superior a 40 m, se desconocen las dimensiones de un tiro que se localiza en el interior de la obra; hacia la superficie se tienen comidos (contrapozos) que comunican al exterior con desarrollo aproximado de 12 m.

La veta tiene un rumbo N 45° W y 70° al SW, 150 m de longitud y 2.0 m de espesor. La mineralogía de la veta la constituye calcopirita, bornita, covelita, calcosita, galena, esfalerita, malaquita, pirita, cuarzo, hematita y limonita, encajonada en andesita y toba andesítica, alterada por propilitización, oxidación y silicificación. Cuenta con un terrero de 12 m de longitud, 5.0 m de ancho y 1.50 m de desnivel, de donde se obtuvieron 2 muestras de esquirlas del terrero; y 5 de canal en la estructura para su análisis químico, los resultados reportados se presentan en la siguiente (Tabla III.1)

Tabla III.1 resultados de análisis químico para la veta en la mina La Fortuna

| Mtra | Esp. | Cu % | Fe total | Au g/t | Ag g/t | Pb % | Zn % | Cd g/t | Bi g/t | Obs. |
|----------------------|------|-------------|------------|-------------------|------------|-------------|-------------------|--------------------|--------------|-------------|
| QR-51 | 2 | 2.15 | 7.7 | 0.33 3 | 693 | 3.17 | 5.10 | 379 | 1251 | Veta |
| QR-53 | 2 | 0.10 | 3.1 | 0.33 3 | 80 | 1.61 | 0.10 | 18 | 54 | Veta |
| QR-54 | 2 | 0.12 | 2.9 | N.D. | 93 | 0.67 | 0.23 | 13 | 64 | Veta |
| QR-56 | 2 | 0.25 | 2.8 | N.D. | 133 | 0.28 | 0.34 | 32 | 30 | Veta |
| QR-58 | 2 | 0.55 | 8.2 | N.D. | 188 | 1.88 | 6.52 | 602 | 81 | Veta |
| Prom | | 0.63 | 4.9 | 0.33 3 | 237 | 1.52 | 2.46 | 209 | 296 | |
| QR-52 | 5 | 0.88 | 8.8 | 0.43 3 | 263 | 1.98 | 32.24 | 2886 | 256 | Terre ro |
| QR-57 | 5 | 1.49 | 10.4 | 0.96 7 | 256 | 1.58 | 18.65 | 1835 | 317 | Terre ro |
| Prom edio | | 1.19 | 9.6 | 0.70 0 | 260 | 1.78 | 25.4 5 | 2360 .5 | 286.5 | |

Microtextura masiva con mineral de pirita (20%) en forma masiva asociado con la magnetita y calcopirita; magnetita (10%) en forma masiva, asociada con la pirita y alterando a hematita; hematita (3%) como alteración de pirita y magnetita; calcopirita (0.1%) escasa incluida en pirita con inclusiones de magnetita; paragénesis, pirita-calcopirita-magnetita con mena de sulfuros de hierro y cobre y ganga de cuarzo y calcita.

III.3 Prospecto El Trigo

Localizado a 17.5 km, al sureste de la cabecera municipal de Quiriego, en las coordenadas UTM 12 R 689626 E y 3043923 N.

Se identificó un socavón inclinado labrado a rumbo de estructura, con 2 por 2 m de sección y 10 m de desarrollo, 1 zanja de rumbo este-oeste y 30 m de desarrollo por 1.5 m de ancho y 1 m de profundidad.

La estructura consiste de un cuerpo estratiforme de rumbo N 10° W con inclinación de 20° al NE, longitud estimada de 100, espesor de 2.0 m.

La mineralización de la estructura está conformado por carbonato de cobre (malaquita) y en menor proporción azurita, hematita, limonita y cuarzo, emplazada en la Formación Alisitos, representada por andesita alterada por propilitización, oxidación y silicificación.

Se obtuvieron 3 muestras de esquirlas en superficie, perpendiculares a la veta, una de veta y las otras al bajo y alto de la estructura para su análisis químico, los resultados se presentan en la siguiente:

Tabla III.2 Análisis químico para el cuerpo del Prospecto El Trigo.

| Mtra | Esp. | Cu % | Fe total % | Au g/t | Ag g/t | Pb % | Zn % | Obs. |
|-------|------|------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| QR-86 | 2 | 0.81 | 15.3 | 0.066 | 8 | 0.0233 | 0.0240 | Bajo veta |
| QR-87 | 2 | 0.84 | 14.8 | 0.133 | 8 | 0.0084 | 0.0178 | Veta |
| QR-88 | 2 | 1.04 | 15.1 | 0.033 | 9 | 0.0205 | 0.0270 | Alto veta |
| Prom | | 0.90 | 15.1 | 0.077 | 8 | 0.0174 | 0.0229 | |

Capítulo IV. Alteración Hidrotermal

IV.1 Definición

Se entiende por alteración hidrotermal el cambio químico y físico que ocurre en los minerales y la textura de la matriz que componen una roca debido a la circulación de fluidos hidrotermales. Los fluidos transforman, diluyen (lixivian), precipitan o favorecen el crecimiento de nuevos minerales debido a las reacciones de intercambio iónico fluido-mineral.

La temperatura y el pH del fluido, más que la litología, son los factores que más influyen cuando se forma una asociación mineralógica resultante de la alteración hidrotermal. También la relación fluido/roca, y el tiempo de interacción.

Las texturas brechadas y las redes o enjambres de vetillas, son las estructuras físicas que usualmente se generan por la circulación de fluidos en una roca, por los cambios de presión, los colapsos y las inyecciones magmáticas. Las vetillas de una red o stockwork, normalmente están rellenas por hematita, pirita, magnetita o mena de oro, plata o cobre, e indican una compleja fase de ebullición de los fluidos. Un sistema, de red o enjambre de vetillas presenta por lo menos tres direcciones distintas.

IV.2 Clasificación

Una alteración hidrotermal transforma a un conjunto inicial de minerales para convertirlos en una nueva asociación más estable bajo las nuevas condiciones hidrotermales de temperatura, presión y composición química de los fluidos. La textura original de la roca puede modificarse ligeramente o ser totalmente obliterada (substituida, taponeada, reemplazada) por la alteración.

IV.3 Tipos de Alteración

Como referencia, es muy conveniente utilizar el diagrama de clasificación de las alteraciones hidrotermales -en función de la temperatura y el pH-, publicada por Cobett y Leach en 1998 (figura IV.1).

IV.4 Claves para identificar las alteraciones hidrotermales

La alteración hidrotermal genera un amplio rango de minerales y texturas en las rocas, por eso es necesario identificar el o los minerales más abundantes en la roca alterada, y para ello se pueden usar las siguientes claves (Tabla IV.1).

Aunque esta nomenclatura se emplea comúnmente, en la realidad los minerales de alteración casi nunca se presentan de manera individual, sino que forman grupos o asociaciones (Tabla IV.2).

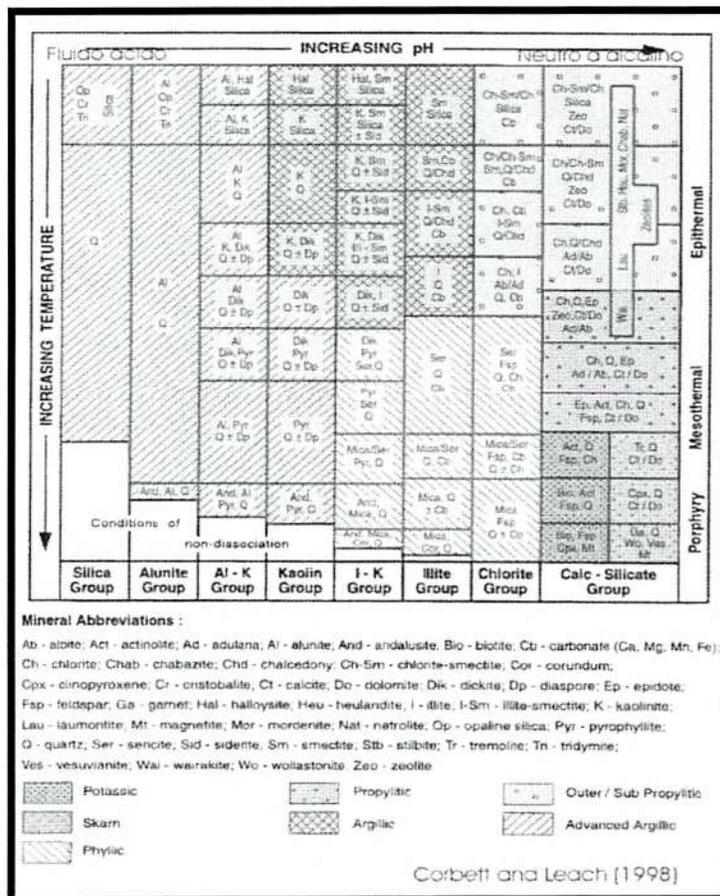


Figura IV.1 Tipos de alteración hidrotermal. Diagrama de clasificación de las alteraciones hidrotermales -en función de la temperatura y el pH-, publicada por Cobett y Leach en 1998.

| Nombre | Presencia dominante de | Clave |
|---|------------------------|-------|
| Albitización | Albita | albi |
| Alunitización | Alunita | alun |
| Argilización (alteración argílica) | Minerales de arcilla | argi |
| Caolinización | Caolín | caol |
| Cloritización | Clorita | clor |
| Epidotización (alteración propilítica) | Epidota | epid |
| Granatización (silicatación) | Granate | gran |
| Piritización | Pirita | piri |
| Sericitización (alteración sericítica) | Sericita | seri |
| Serpentinización (rocas máficas y ultramáficas) | Serpentina y talco | serp |
| Turmalinización | Turmalina | turm |

- Izquierda, Tabla IV.1
- Abajo, Tabla IV.2

| Nombre | Características principales | Clave |
|---|--|-------|
| Propilítica | Caracterizada por la asociación clorita-epidota-actinolita con o sin albita, calcita y pirita. Con accesorios como cuarzo-magnetita-illita. La alteración propilítica ocurre por lo general como halo distal de una alteración potásica. Normalmente le da coloración verdosa a la roca. | prop |
| Fílica (cuarzo-sericítica o sericítica) | Predominio de sericita –mica blanca de grano fino– que normalmente se forma por la descomposición de los feldespatos. Usualmente genera coloraciones blancas, amarillentas o verdosas. Sugiere condiciones de acidez (pH bajo). Presencia de cuarzo secundario. Introducción de una o muchas variedades de arcilla incluido el caolín e illita. Genera <i>blanqueo</i> de los feldespatos | seri |
| Argílica | Se caracteriza por la presencia de caolinita y montmorillonita acompañadas de sílice que reemplaza parte de la matriz de la roca. El cuarzo calcedónico está presente junto con illita | argi |
| Argílica avanzada | Destrucción casi total de los feldespatos. Predomina la asociación caolín + cuarzo + hematita + limonita. La asociación se forma en condiciones de acidez moderada a alta (pH bajo). La mica blanca pirofilita se forma en lugar del caolín bajo condiciones de relativa más alta temperatura. Parcial reemplazo por cuarzo opalino, tridimita y cristobalita. | argi |
| Potásica | Feldespato potásico y biotita, con minerales accesorios como cuarzo, magnetita, sericita y clorita | pota |
| Albítica (albitización) | Albita –plagioclasa sódica– por enriquecimiento de Na. De temperatura relativamente alta. Puede existir paragonita, mica blanca rica en Na. | albi |
| Silicificación | Adición de sílice o cuarzo secundario que puede reemplazar casi totalmente a la roca. Es frecuente el reemplazamiento por cuarzo criptocristalino: calcedonia, tridimita, cristobalita; y también el relleno de densas redes de fracturas, micro-fracturas o vetillas conocidas como <i>stockwork</i> . La silicificación no es de alta temperatura, pero indica fluidos de muy bajo pH (ácidos) | sili |
| Silicatación | Minerales silicatados +/- cuarzo. Adición de sílice que forma cualquier tipo de roca silicatada. El más común es el reemplazamiento de caliza (+/- calcita-dolomita) por un grupo de minerales silicatados que se conoce como <i>skarn</i> . Asociación biotita-granate-turmalina | SK |
| Greisenización | Subtipo de la silicatación. Normalmente vetas paralelas de cuarzo + muscovita + turmalina en el techo de un intrusivo o en las rocas en contacto (si hay fracturas) que pueden reemplazarse por esta asociación | grsn |
| Carbonatización | Adición de calcita, ankerita y dolomita. Usualmente asociado a talco, clorita, sericita y albita | carb |
| Zeolítica | Ambiente volcánico en el que los minerales del grupo de la zeolita reemplazan a la matriz vítrea. Se forma en las etapas tardías del vulcanismo, en o muy cerca de la superficie | zeol |
| Oxidación | En una zona alterada por oxidación se forma hematita, limonita y goethita –un pseudomorfo de la pirita– aunque pueden estar presentes sulfatos como la jarosita, el yeso y la alunita. Los sulfuros normalmente se oxidan y se reemplazan por óxidos de hierro. Los óxidos se forman en la superficie o bien por efecto de fluidos a bajas temperaturas | oxid |

Capítulo V. Actividades realizadas en Terreno

La asignación Minera “La Puerta” concesionada por el Servicio Geológico Mexicano tiene un área de 19 km cuadrados (Figura V.1) las cuales se dividieron en dos sub-áreas más pequeñas que se ubican justamente sobre zonas geológicas que podrían contener anomalías geoquímicas de interés. La primera se encuentra en las zonas aledañas de la mina La Fortuna, por lo que se le ha asignado el mismo nombre. La segunda es el área “El Depósito” (Figura V.1) que como ya se ha mencionado, ha generado interés particular ya que aquí aflora una Brecha Hidrotermal que podría ocultar algún yacimiento rentable.

Las actividades realizadas en campo consistieron principalmente en una recolección de material mediante muestreo de esquirlas, en las áreas La Fortuna y El Depósito, además del mapeo correspondiente para un mejor análisis geológico. Las secciones fueron realizadas en orientación E-W a cada 200m.

Según sea la localidad del afloramiento, se pudieron ver variaciones en los afloramientos debido a procesos secundarios que afectaron estas rocas, como por ejemplo, algunos tipos de alteraciones como arcálica, silicificación, propilitación, y en algunos sitios, diques pegmatíticos y otros enjambrados en donde hay una predominancia de Magnetita.

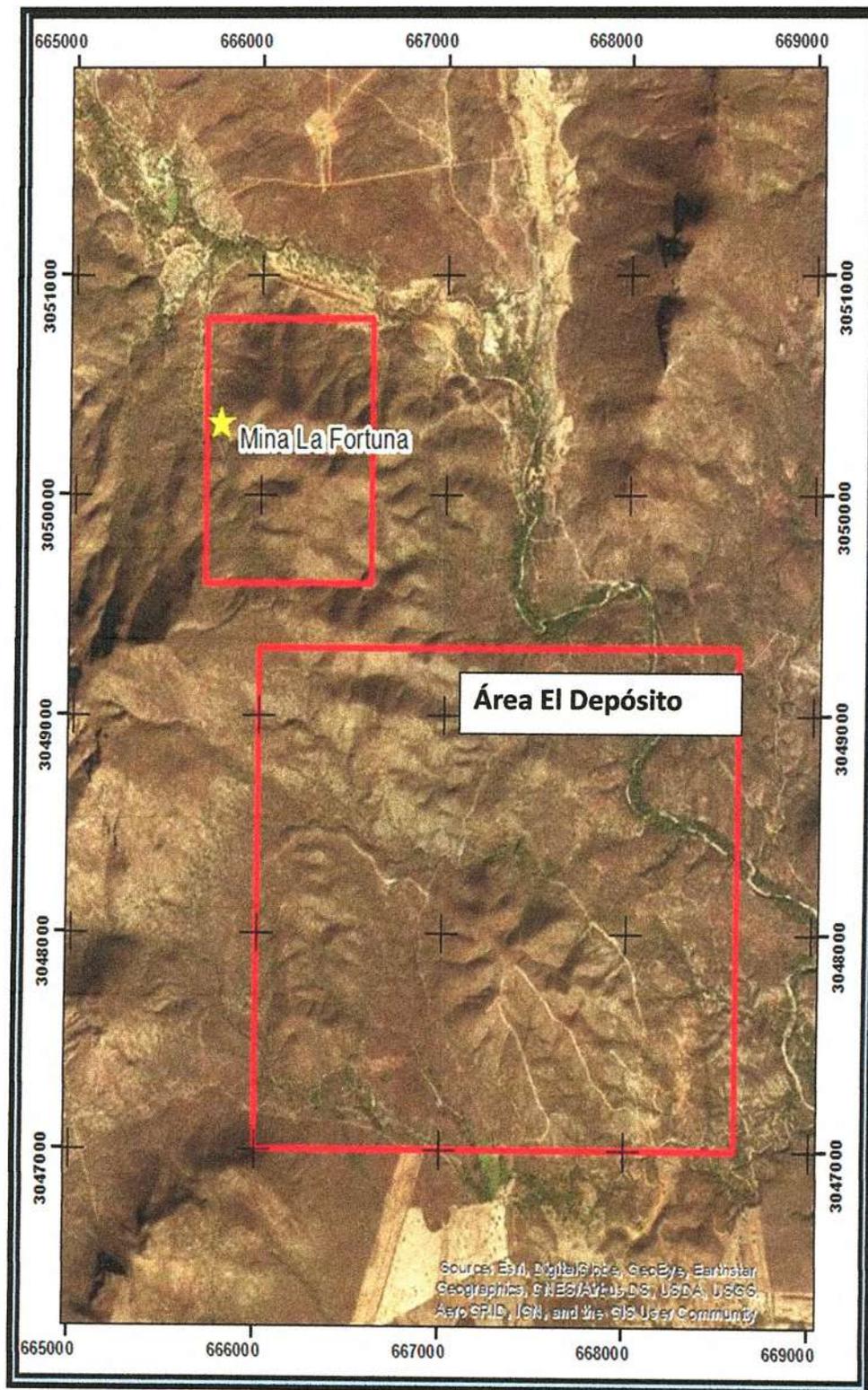


Figura V.1 Localización de las áreas La Fortuna y El Depósito.

V.1 Descripción de Campo

A continuación, se presenta los principales afloramientos de los que se ha extraído material (muestra de esquirlas) durante la estadía en el área de estudio. Esta información se plantea de manera general, enfatizando especialmente en los rasgos generales y más representativos del levantamiento realizado.

Andesita (kapa vs)

ED-072

Está presente como derrames volcánicos localizados en la parte central del área de estudio. (Figura VI.1). Exhibe un color cremoso en la superficie intemperada y un gris-rosáceo en superficie fresca.

Estructura masiva, presenta fenocristales de plagioclasa de 4 mm de diámetro, piroxeno, clorita, y epidota en una matriz afanítica (Imagen V.1).

ED-065

El afloramiento se encuentra en la parte sur-oriental del área de estudio. Es una andesita silicificada de color gris claro a blancuzco. Presenta alteración arcílica, clorita, epidota y turmalina.

LF-087

El afloramiento de esta unidad se encuentra en la zona norte del área de estudio en los alrededores de la mina La Fortuna.

Andesita de textura afanítica, muy alterada, y con abundante presencia de óxidos que la tornan de a un color rojizo. La fuerte alteración de esta roca complica su correcto análisis petrográfico. (Imagen V.3).

LF-088

Afloramiento ubicado en la parte norte del área de estudio.

Afloramiento masivo, con abundante fractura miento, y superficie oxidada en intemperie como en grietas.

Andesita de color gris oscuro con fenocristales de hornblenda que rodean los 2 mm. La roca se encuentra muy silicificada (Imagen V.2).

LF-89

Afloramiento ubicado en la parte norte del área de estudio. Contacto entre Andesitas y una granodiorita. La granodiorita es de color gris verdoso, con cristales de ferromagnesianos que le otorgan la tonalidad más oscura. Presenta fenocristales de hornblenda de aproximadamente 2 mm, y en las partes claras se contiene abundante plagioclasa con alrededor de 1 mm de diámetro. En menor abundancia tiene cuarzo (8%) y Feldespato Potásico, con algunos cristales radiales de turmalina. También contiene pirita alterando a pequeños cristales prismáticos (Imagen V.4).



Imagen V.1

Izquierda

Imagen V.3 abajo

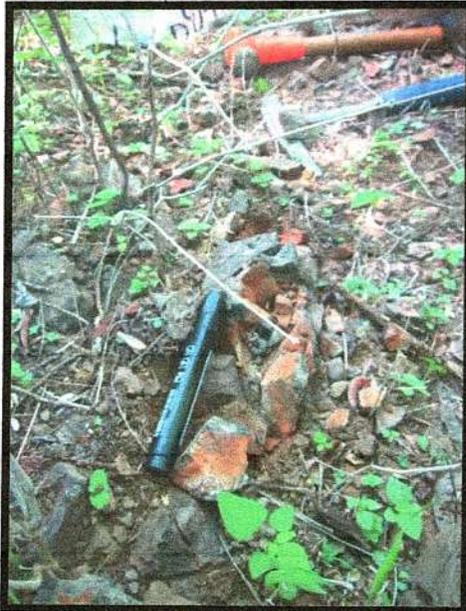
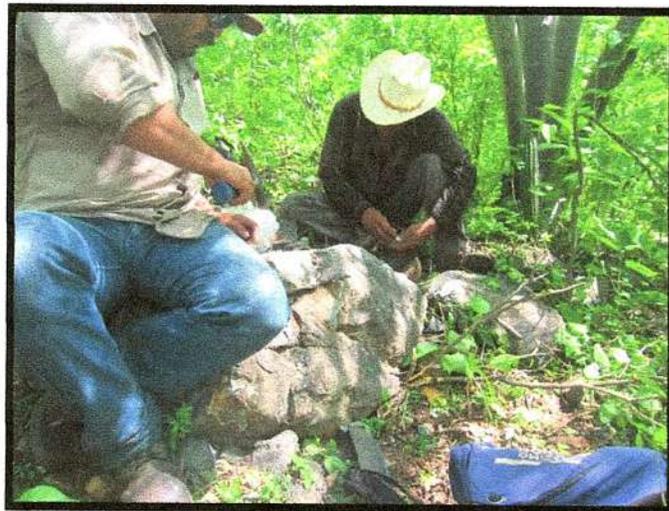


Imagen V.2 Arriba

Imagen V.4 Derecha



Aglomerado y Brecha de matriz Cuarzo-Turmalina

Estas unidades corresponden al afloramiento masivo de una brecha hidrotermal que se presenta de diferentes formas según la localidad; se puede encontrar como un aglomerado o brecha de matriz de cuarzo-turmalina, o bien con matriz volcánica. La zona donde aflora la brecha se puede visualizar en el mapa del área de estudio (Figura VI.1).

ED-058

El afloramiento se ubica en la parte centro-sur del área de estudio. (Figura VI.1) Brecha hidrotermal de clastos graníticos redondeados que alcanzan hasta las 4 pulgadas. La Matriz es de color gris-gris verdoso y contiene Epidota y posiblemente algo de turmalina. (Imagen V.5).

ED-059

Brecha hidrotermal de clastos graníticos y andesíticos de composición félsica a intermedia, la matriz es gris oscuro compuesta por Turmalina y ojos de cuarzo que alcanzan los 4-5 mm de diámetro.

ED-064

aglomerado andesítico de color gris-rosáceo a gris-verdoso por la presencia de epidota en la matriz, tiene plagioclasas porfídicas que alcanzan los 5 mm de diámetro, y contiene clastos andesíticos de color gris-rosáceo a un gris muy claro, junto a clastos de granito. Los clastos se encuentran muy redondeados y alcanzan hasta las 4 pulgadas de diámetro.

ED-068

Brecha hidrotermal, de matriz blancusca a rosácea con abundante epidota. Los clastos son andesíticos bien redondeados con clastos de andesita porfídica y granitos, alcanzando los 10 cm de diámetro.

ED-070

Aglomerado color gris-rojizo de matriz andesítica color rojiza y de clastos andesíticos que varían de color entre verdoso y gris oscuro. No presentan turmalina y los clastos varía alcanzando las cinco pulgadas.

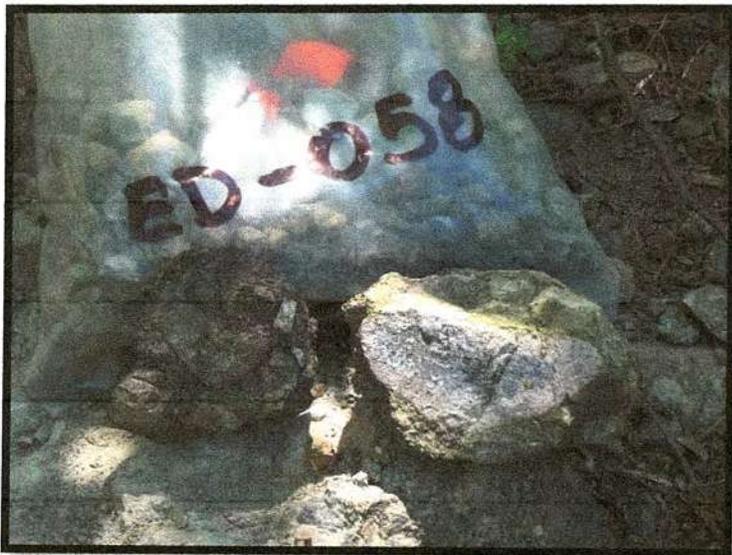


Imagen V.5

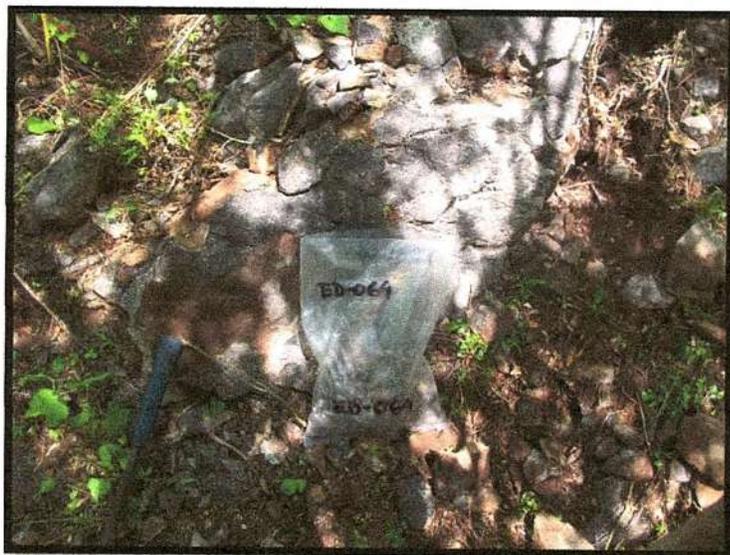


Imagen V.6

V.2 Material geológico representativo del área de estudio

El área de estudio ha generado un interés particular debido a sus características geológicas que revelan la existencia de una mineralización importante; se puede observar un intenso brechamiento donde hay evidencias de que por los espacios vacíos han circulado fluidos hidrotermales, además, intrucionando a las unidades volcánicas, se encontraron algunas rocas filonianas como diques pegmatíticos y otros diques compuestos básicamente de minerales opacos con abundante magnetita.

A continuación, se presentan los productos más representativos del área de estudio.

Área El Depósito

Brecha hidrotermal de matriz de cuarzo-turmalina:

Esta brecha es muy particular ya que tiene su matriz negra característica y contiene variados clastos muy redondeados. Los clastos están sujetos por matriz sostenida de Cuarzo-Turmalina son fragmentos de rocas ígneas: andesitas (que parecen pertenecer a las rocas Mesozoicas), y fragmentos de granito.



Imagen V.7

Brecha hidrotermal de hematita-magnetita

Rocas de gran densidad que se encuentran encajonadas por las andesitas. La matriz es de color negro- plomizo, predomina la specularita y la magnetita, y contiene clastos de cuarcita. Muestra abundante alteración en fracturas que se presenta de colores anaranjados (Imagen V.8).



Imagen V.8

Dique pegmatítico

Roca de tonalidades claras, predominan los grandes cristales de feldespato potásico y cuarzo, y en menor proporción: moscovita, turmalina. Presenta un abundante fracturamiento en donde se puede observar la roca intemperada con abundante oxidación que le da un color café-anaranjado.

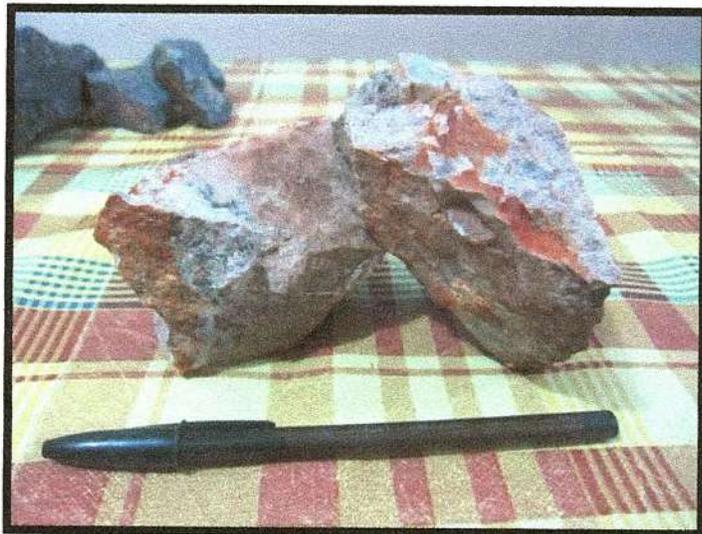


Imagen V.9

Área La Fortuna: en esta zona se ve la predominancia de las rocas andesíticas y los esquistos jurásicos. Son estas las rocas de caja por donde se ha emplazado la veta de cuarzo, en donde ya se han encontrado valores Au, Cu, Fe principalmente.

Veta

Las estructuras vetiformes en esta área son del orden de 0.8 a 1.0 m de ancho, y se compone de cristales ehuedrales de cuarzo en forma de relleno, acompañado con Turmalina rellenando espacios entre ellos. Contiene además abundante mineralización de pirita, calcopirita, cobre nativo, malaquita, aurita, entre otros. Presenta una abundante alteración zonada que refleja tonos anaranjados, producto de la oxidación de la pirita, tonos verdes y azules, que refleja la oxidación de minerales con cobre como la calcopirita (Imagen V.10).

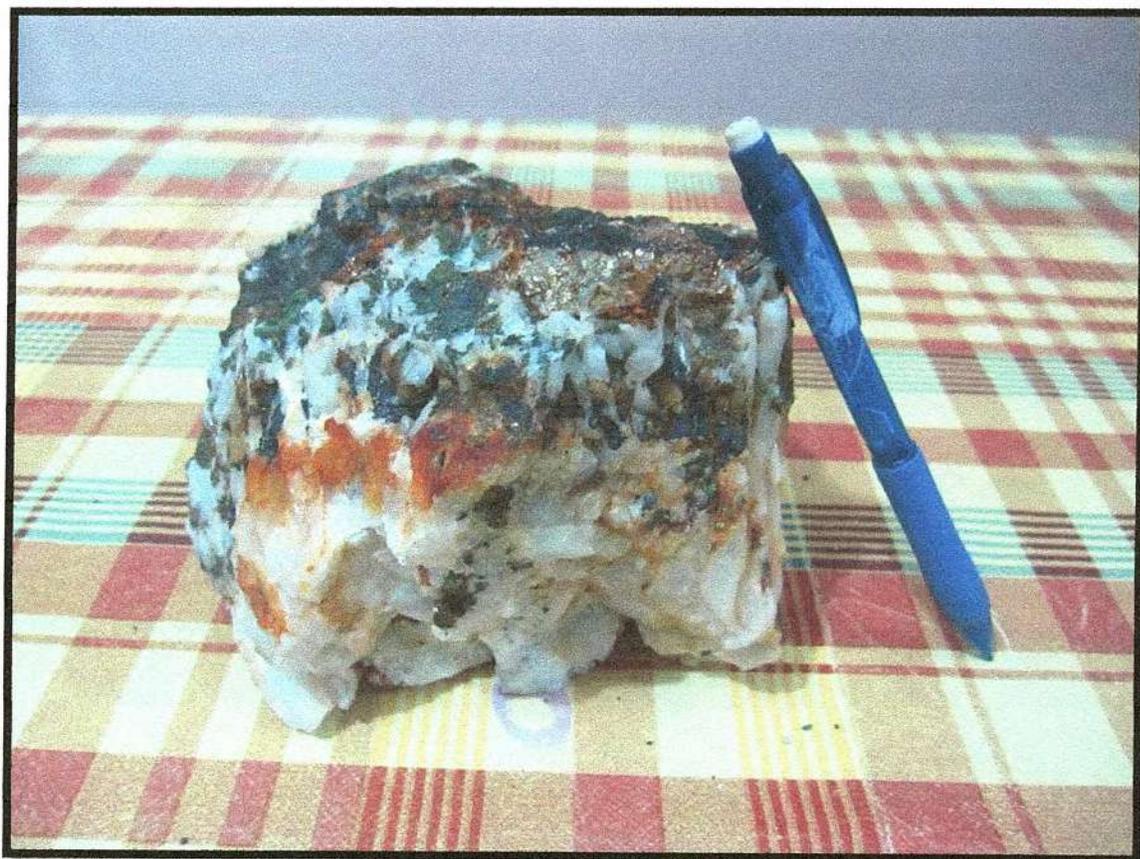


Imagen V.10

Observaciones realizadas por el SGM, del mismo Filón de la minera La Fortuna, en el área de estudio.

Descripción Megascópica:

color: Gris oscuro con manchas blancas.

Estructura: Compacta, Masiva.

Textura: Masiva.

Minerales Observados: Calcopirita, Cuarzo, Pirita, Esfalerita.

Mineralogía (Descripción Microscópica):

| Mineral | Forma | Porcentaje % | Tamaño Máximo en Micras | Tamaño Mínimo en Micras | Características |
|-------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|---|
| ESFALERITA | Anhedral | 6 | 1300 | 10 | Distribuida en la matriz de forma masiva, asociada con la Galena y la Pirita, con inclusiones de Galena y Calcopirita |
| PIRITA | Anhedral | 5 | 1500 | 5 | Rellenando huecos en la matriz de la roca, asociada a la esfalerita y a la Galena, con inclusiones de Galena. |
| CALCOPIRITA | Anhedral | 3 | 20 | 2 | Se encuentra incluida en la Esfalerita en forma de exsolución. |
| GALENA | Abhedral | 2 | 300 | 10 | Se observa asociada a la Esfalerita y a la Pirita. |

Tabla V.1 Minerales que conforman el Filón de la mina La Fortuna.

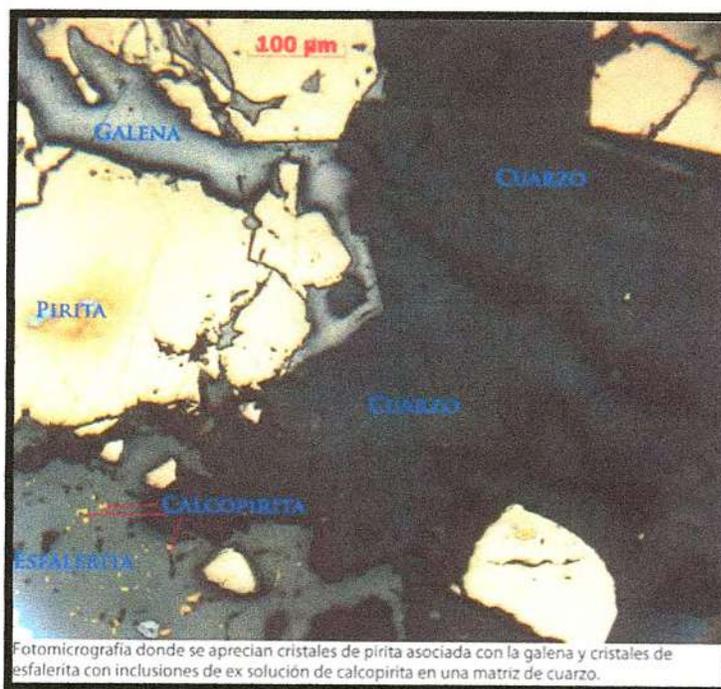


Imagen V.11

Paragénesis:

- Mena: Sulfuros de Zinc, Cobre, Plomo, y Hierro.

- Ganga: Cuarzo.

V.3 Alteraciones hidrotermales en la Carta Quiriego 1:50,000

En el área de muestreo El Depósito, junto con todas las evidencias ya descritas anteriormente: aglomerado de matriz Cuarzo-turmalina, diques pegmatíticos y de minerales opacos, brechas y aglomerados volcánicos, también se han observado zonas de alteraciones principalmente argílica oxidación, y hematización, que evidencian la circulación de fluidos hidrotermales como fuente de dicha alteración.

A continuación, se presenta la Tabla V.2 con las principales alteraciones levantadas por el SGM tanto en el área de estudio como en el área que conforma la carta de Quiriego G12-B26. La Muestra PQR-001, corresponde a la alteración argílica encontrada en la formación Alisitos dentro del área de estudio.

Tabla V.2 Principales alteraciones encontradas en el área de estudio y sus zonas aledañas. (*Informe SGM, Carta G12-B26, 1:50000, 2014*).

| Muestra | x | y | Unidad | Textura | Alteración | Clasificación |
|---------|--------|---------|-----------|---------------------------|------------------------------|--|
| PQR-008 | 694315 | 3055913 | Kapa Vs | Afanítica | Argilitización oxidación | Andesita propilitizada |
| PQR-003 | 678967 | 3050045 | Tm Cgp-Ar | Clástica, Carbonatada | Hematización | Brecha Poligenética |
| PQR-009 | 696197 | 3053729 | Kapa Vs | Fragmentaria | Oxidación | Conglomerado con alteración hidrotermal |
| PQR-001 | 668112 | 3049561 | Kapa Vs | Porfidoafanítica | Argilitización, Hematización | Andesita Porfídica, incipientemente hematizada |
| PQR-005 | 674547 | 3047888 | Tm BA | Afanítica | Oxidación | Basalto de AugitaOlivino |
| PQR-002 | 675524 | 3046135 | Tpa Gd-Gr | Fanerítica de grano medio | Argilitización, Hematización | Granito |
| PQR-102 | 688410 | 3046849 | Kapa Vs | Afanítica | Oxidación, Cloritización | Andesita con alteración hidrotermal |

Capítulo VI. Discusión

VI.1 Características geológicas del área de estudio

En el área predominan las rocas cretácicas de la formación Alisitos (65%), que junto a la Formación Sta. Clara son los productos más antiguos del área, y como ya se ha visto, se caracteriza por presentarse como derrames de composición andesítica, que se encuentra brechada, silicificada y mineralizada posiblemente por su proximidad al intrusivo félsico (Figura VI.1).

Intrusionando a la secuencia anterior, aflora un granito en el sector centro, norte y sur del área de estudio que se piensa ser el responsable en provocar un intenso brechamiento sobre las rocas pre-existentes (formaciones Santa Clara y Alisitos), que en su fase final de enfriamiento ha sido fuente de la mineralización de estas secuencias. Se ha podido distinguir en este afloramiento zonas de alteración y de oxidación en la parte central del mapa (Figura VI.1).

El afloramiento del aglomerado y de la brecha de matriz de cuarzo-turmalina, es de especial interés en la extracción de muestras, ya que estas estructuras pueden proporcionar las cavidades necesarias para la circulación de fluidos hidrotermales, y, por ende, una posible mineralización (Figura VI.3). Esta área con la brecha de matriz de cuarzo-turmalina se registró en la parte centro-sur del área y representa un fuerte fracturamiento y brechamiento de la formación Alisitos, frente a la intrusión del batolito laramídico en este sector.

Las elevaciones más prominentes del área corresponden a Las rocas riolíticas del Oligoceno (To Ig-TR), compuestas por afloramientos de toba Riolíticas e Ignimbritas.

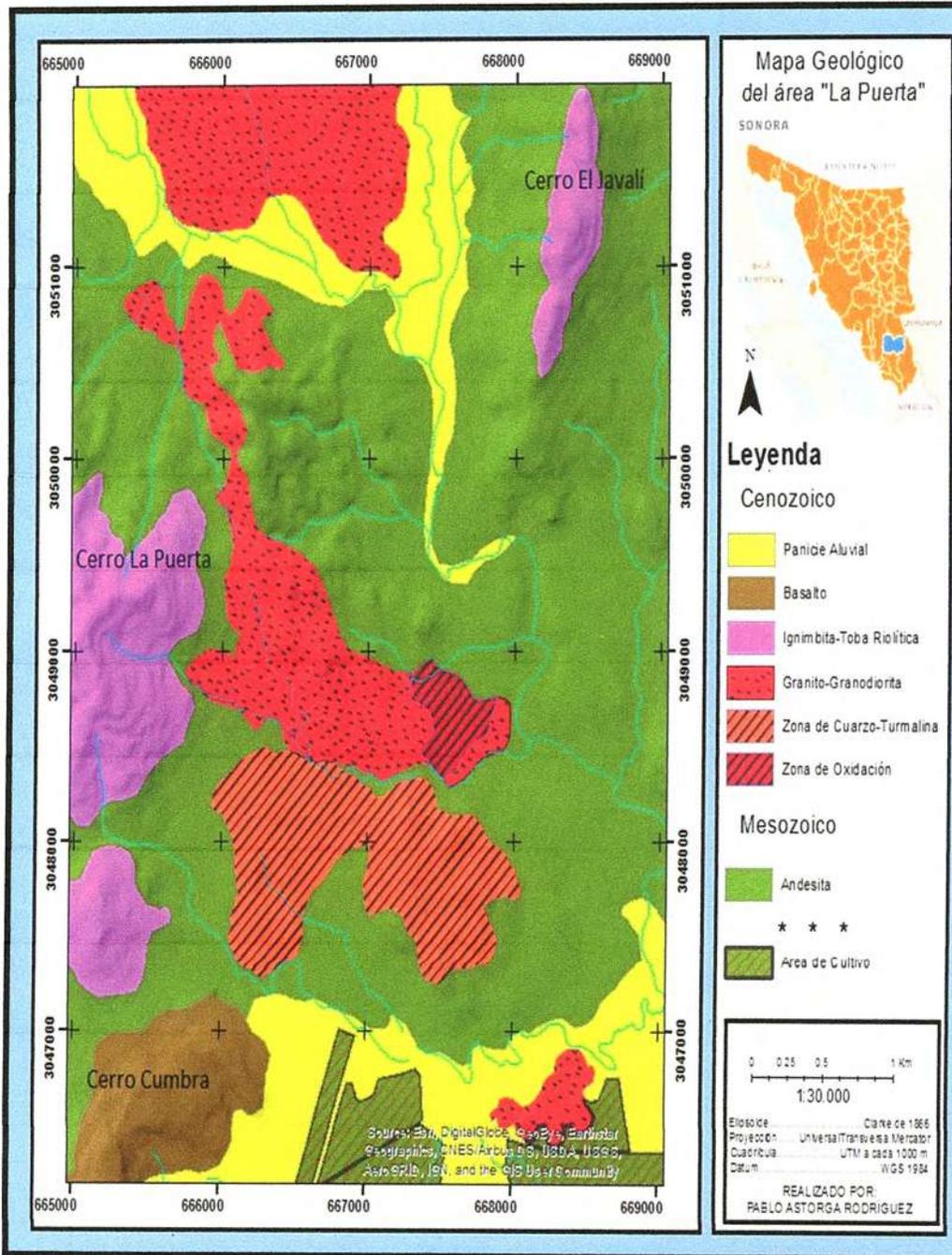


Figura VI.1 Mapa geológico simplificado de la Asignación Minera "La Puerta"

VI.2 Columna Estratigráfica de Área de Estudio

La *columna estratigráfica* representa a las rocas encontradas exclusivamente en el área de estudio. El material más antiguo, corresponde a la Formación Santa Clara del Triásico Superior, con escasos afloramientos en los arroyos de los alrededores de la mina La Fortuna en forma de esquistos debido a su considerable cercanía al intrusivo.

Esta secuencia subyace a las rocas vulcano-sedimentarias de la formación Alisitos, y tiene un contacto tectónico, representado por la cabalgadura El Tope (Informe SGM, Carta G12-B26, 1:50000, 2014). Ambas secuencias Mesozoicas se encuentran afectadas por grandes intrusiones graníticas y granodioríticas, que además han producido un intenso brechamiento en las zonas aledañas, que afloran como aglomerados y brechas con matriz andesítica, o bien con matriz de Cuarzo-Turmalina.

La unidad de ignimbrita-Toba Riolítica del Oligoceno, cubre discordantemente a las rocas más antiguas del Mesozoico, y estas a su vez, se encuentran cubiertas discordantemente por las rocas máficas del mioceno (Figura VI.2).

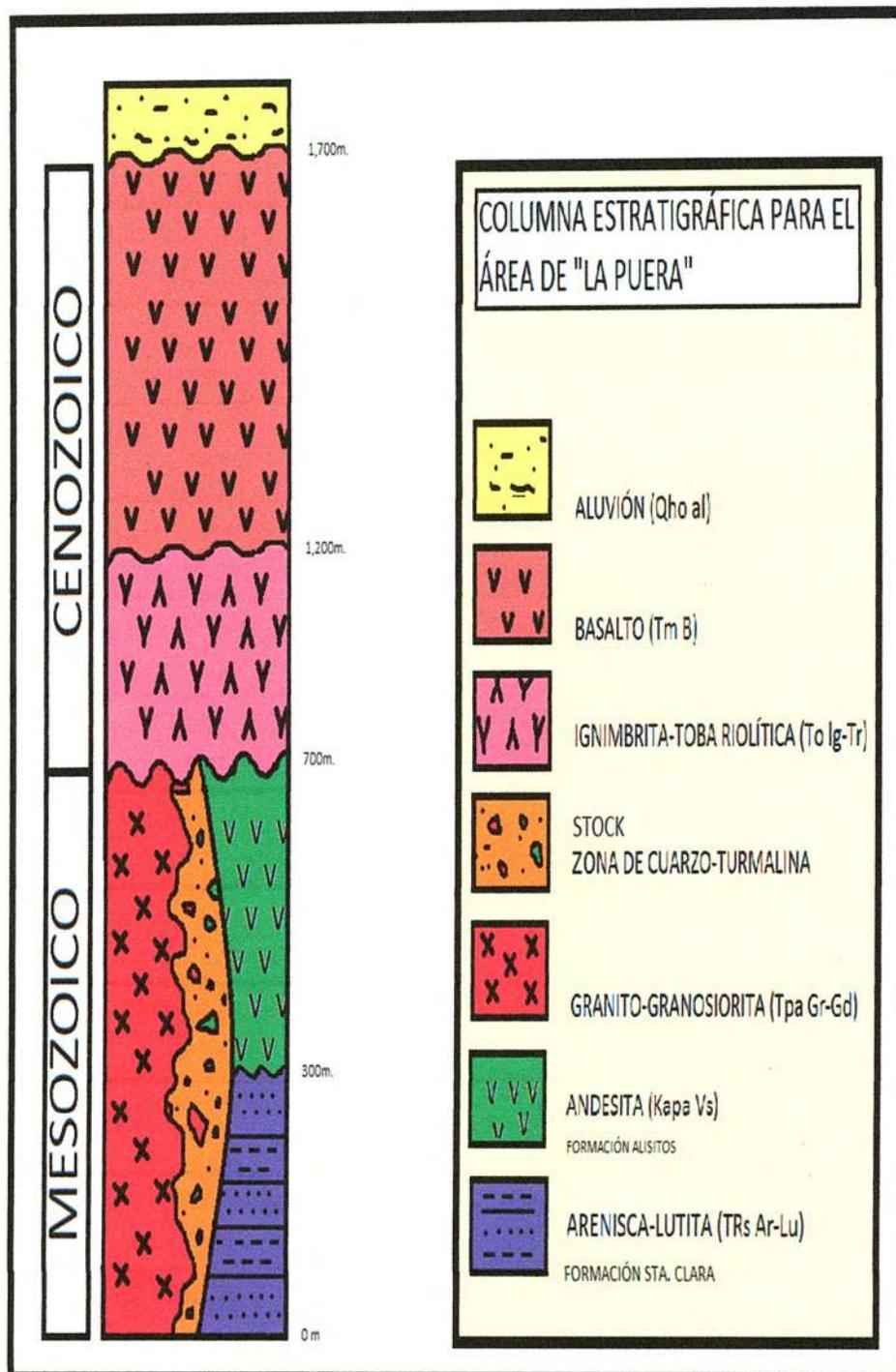


Figura VI.2 Columna estratigráfica representativa para el área de estudio.

- En el área se vieron brechas hidrotermales. Dichos eventos hidrotermales vienen siendo posteriores al gran intrusivo Laramíde del Cretácico superior-Terciario.
- El brechamiento fue producto del fracturamiento de la roca intrusiva y de la roca caja al ser expedidos los gases y fluidos hidrotermales en la fase final del enfriamiento de los plutones laramídicos. Las brechas se fueron formando en fases diferentes que las caracteriza según el tiempo en que se emplazaron y sus propiedades mineralógicas.
- Uno de los motivos principales por el cual se brechó el área El Depósito, es que el emplazamiento del intrusivo en esta zona pudo alcanzar profundidades muy someras en donde es característica una fragilidad de la roca caja en esas condiciones y tiende a fracturarse con las grandes presiones como las que ejercen gases y soluciones hidrotermales al enfriarse el magma.

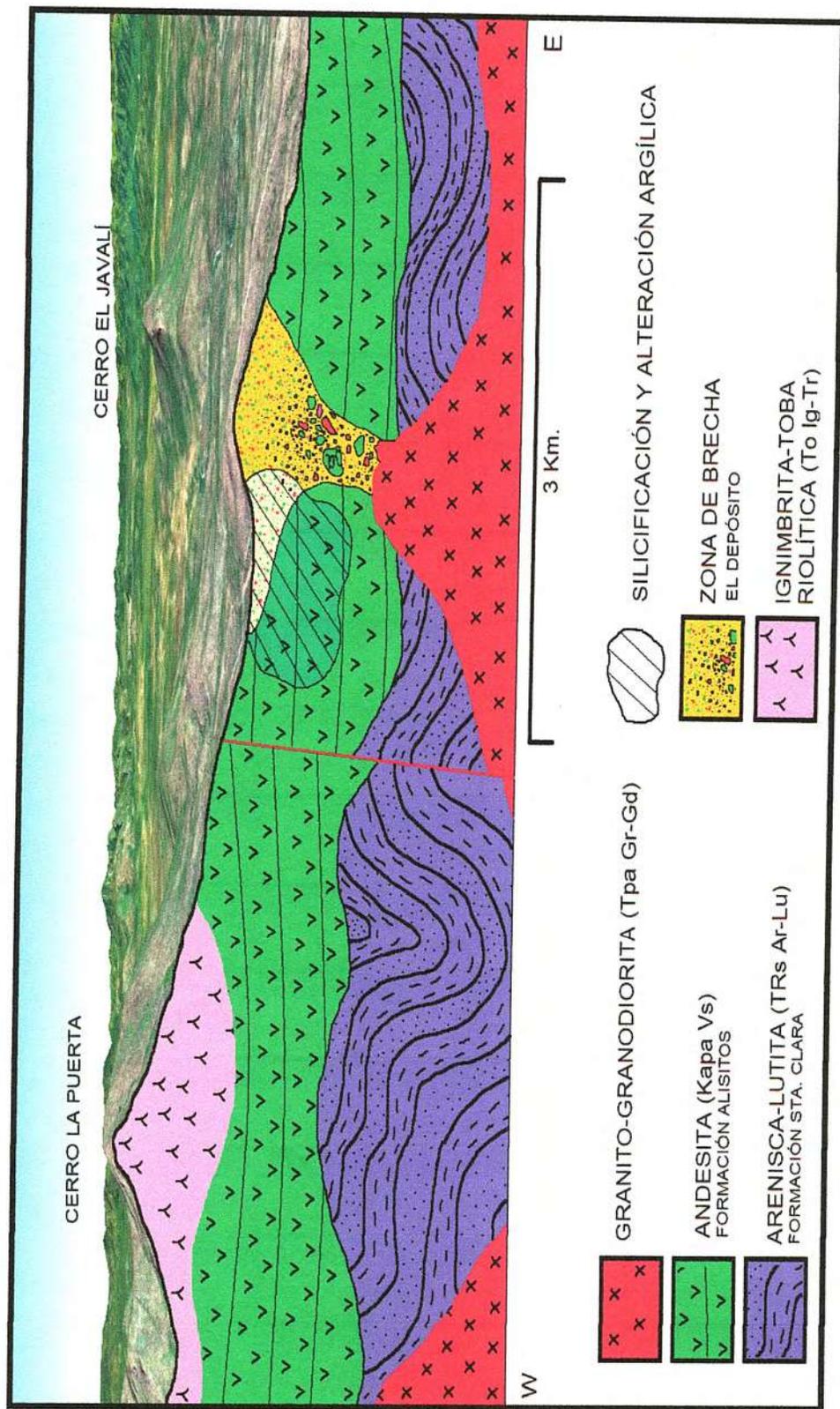


Figura VI.3 Croquis representativo del área El Depósito. Representa una sección de dirección aproximadamente E-W, con vista hacia el Norte.

Conclusión

Después de la fase compresiva que formó la cordillera en el cretácico superior-terciario, hubo una fase distensiva marcada por la finalización de la subducción de la placa Farallón bajo la placa norteamericana y por la apertura del Golfo de California, que se caracteriza por la disposición de sierras y valles paralelos. Este adelgazamiento de la corteza terrestre condujo a la exhumación de las rocas más antiguas y de los plutones laramídicos, exhumación favorecida por el cese de la subducción, la distensión, la implacable erosión de la cordillera lo que impulsó a un reajuste isostático posterior y de esta manera, a la exposición de numerosos yacimientos minerales formados a profundidad. Es así como surgieron los grandes yacimientos encontrados en la provincia de la Sierra Madre Occidental en Sonora. En el área de Quiriego predominan principalmente derrames andesíticos jurásicos, afloramientos laramídicos, andesitas-basáltos intercaladas con sedimentos de cuencas llamada Formación Baucarit, característicos del comienzo de la fase extensiva, riolitas y tobas que afloran principalmente en las elevaciones más importantes del área de estudio (cerro El Jabalí, La Puerta, La Cumbra, etc), litología que se correlacionan con la segunda fase de la extensión marcada por la apertura del golfo de California.

El brechamiento del área El Deposito consiste principalmente en una sucesión de pulsos mineralizantes que aprovecharon los espacios vacíos de las rocas fracturadas en donde ingresaron las soluciones hidrotermales rellenándolos con mineral precipitado, cuarzo, turmalina, pirita, calcopirita, más los minerales de mena.

En el área La Fortuna, ubicada al norte del Depósito, cesan los afloramientos de las brechas y aparecen en superficie las vetas de cuarzo-turmalina, emplazadas entre las rocas andesíticas y los esquistos triásicos. Aquí los depósitos hidrotermales han llenado fisuras y grietas.

Los afloramientos de las vetas se pueden ver con mayor detalle en donde se encuentran los restos de la ya explotada mina. Estas vetas pueden tener un origen meteorico y/o magmático donde las soluciones mineralizadoras según los cambios

de carácter químico, temperatura y presión, producirán la precipitación mineral. (Alan M. Bateman, 1982).

Los resultados del análisis geoquímico del muestreo de esquilas levantado, y que ha sido realizado en el centro experimental de Chihuahua, todavía no se encuentran listos debido a que las labores y estudios llevadas a cabo en el área de estudio aún no han finalizado, por lo que no fue posible presentarlos en este trabajo.

Recomendaciones

- Realizar prospección geofísica en toda el área de estudio y la zona de la carta Quiriego, en busca de algún brechamiento que pudiera indicar la presencia de un Stock a profundidad, o bien de estudiar con más detalle la naturaleza de la brecha encontrada en las áreas El Depósito y La Fortuna.
- Explorar el área cubierta por Basaltos, particularmente encontrados en toda la parte oriental de la carta de Quiriego 1: 50,000, ya que por debajo de estos se encuentra el pórfido andesítico de la formación Alisitos que ha sido, como se ha visto, fuente de varios yacimientos minerales ya que es la roca encajonante de la mineralización cenozoico-temprano.

Bibliografía

- Alan M. Bateman, 1982, Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Barcelona: Editoriales Omega.
- Aragón-Arreola, M. Morandi, M. Martín-Barajas A. Delgado-Argote, L. González-Fernández, A. 2006. Structure of the rift basins in the central Gulf of California: Kinematic implications for oblique rifting: *Tectonophysics*, v.409, p.19-38.
- Calmus, Thierry, 2011, Evolución geológica de Sonora durante el Cretácico Tardío y el Cenozoico, in Calmus, Thierry, ed., *Panorama de la geología de Sonora*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, cap. 7, p. 227–266, 13 figs., 1 tabla.
- Damon, P.E., Shafiqullah, M., Roldán-Quintana, Jaime y Cochémé, J.J., 1983, El batolito Laramide (90–40 Ma) de Sonora: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Nacional, 15, Guadalajara, Jalisco, Memoria, p. 63–95
- Engebretson, D.G., Cox, A., and Gordon., 1985, *Relative Motions Between Oceanic and Continental Plates in the Pacific Basin*: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 206, 59.
- J.E. Islas Lopez, Francisco Cendejas Cruz, 1996, Informe de la Visita de Reconocimiento Geológico Minero Realizada al Lote Minero “Cinco de Mayo”, Municipio de Quiriego Sonora. Consejo de Recursos Minerales Gerencia de Asistencia a la Minería Residencia Sonora.

- José Antonio Lopez Ojeda, Mónica Jaén Mariscal, 2014, Instructivo para utilizar símbolos, claves y plantillas en la cartografía geológico-minera y geoquímica. Servicio Geológico Mexicano.

- José Manuel García Ruiz, Roció Hernández Cuevas, Marco Antonio Hernández Montaña, 2014, Quiriego G12-B26 Escala 1:50,000 Estado de Sonora, Servicio Geológico Mexicano.

- Oliver Monod, Efrén Perez-Segura Didier Richard, Thierry Calmus, 1995, Orbicular Granite Sills in the Mazatán Core Complex Sonora México.

- Roldán-Quintana, J., 1991, Geology and chemical composition of El Jaralito and Aconchi batholiths in east-central Sonora, in Pérez-Segura, Efrén, y Jacques-Ayala, César, eds., Studies of Sonoran Geology: Geological Society of America Special Paper 254, p. 19–36

- Roldán-Quintana, J., Mora-Alvarez, G., Calmus, T., Valencia-Moreno, M., y Lozano-Santacruz, R. 2004. El Graben de Empalme, Sonora, México: Magmatismo y tectónica extensional asociados a la ruptura inicial del Golfo de California, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 21, n° 3, p. 320-334.

- R.P Foster, 1991, Gold Metallogeny and Exploration, University of Southampton.

- Stock, J.M., y Molnar, P., 1988, Uncertainties and implications of the Late Cretaceous and Tertiary position of North America relative to the Farallon, Kula, and Pacific plates: Tectonics, v. 6, p. 1339-1384.

- Tanya Atwater, 1970, Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America, University of California.