

SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
GERENCIA DE GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA
GERENCIA REGIONAL CENTRO



EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000
ESTADO DE NUEVO LEÓN

MAYO 2018

AUTORES:
ING. JAIME RAÚL RÍOS VÁZQUEZ, JEFE DE CARTA
ING. ROBERTO CARLOS. MALDONADO SARABIA, GEÓLOGO DE APOYO
ING. ALAN EDGARDO ALVARADO SALAZAR, ENCARGADO DE GEOQUÍMICA

REVISÓ:
ING. RAÚL GERARDO SOTO ARAIZA, COORDINADOR DE CARTOGRAFÍA

CONTENIDO

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCIÓN	5
I. 1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	5
I.2. TRABAJOS PREVIOS.....	5
I.3. MÉTODO DE TRABAJO.....	7
II.- GEOGRAFÍA.....	8
II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA.....	8
II.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	8
II.3. FISIOGRAFÍA	8
III.- GEOLOGÍA.....	12
III.1. MARCO GEOLÓGICO.....	12
III.2. ESTRATIGRAFÍA	14
<i>Caliza (Jo Cz) Formación Zuloaga</i>	<i>14</i>
<i>Yeso-Caliza (Jok Y-Cz) Formación Olvido</i>	<i>17</i>
<i>Limolita-caliza (Jkkbe Lm-Cz) Formación La Caja</i>	<i>18</i>
<i>Caliza-lutita (Kbeh Cz-Lu) Formación Taraises</i>	<i>20</i>
<i>Caliza (Khap Cz) Formación Cupido</i>	<i>20</i>
<i>Caliza-Lutita (Kap Cz-Lu) Formación La Peña</i>	<i>22</i>
<i>Caliza (Ka Cz-Do) Formación Aurora</i>	<i>23</i>
<i>Caliza-Lutita (Kace Cz-Lu) Formación Cuesta del Cura</i>	<i>23</i>
<i>Caliza-lutita (Kcet Cz-Lu) Formación Indidura</i>	<i>24</i>
<i>Arenisca-Lutita (Kcom Ar-Lu) Formación Caracol.....</i>	<i>25</i>
<i>Conglomerado polimíctico - Arena (Te (?) Cgp-Ar).....</i>	<i>26</i>
<i>Conglomerado Polimíctico (Tmpl Cgp)</i>	<i>27</i>
<i>Lacustre (Tom Qho la)</i>	<i>27</i>
<i>Conglomerado polimíctico-grava (TplQpt Cgp-gv).....</i>	<i>28</i>
<i>Coluvión (Qho co)</i>	<i>29</i>
<i>Grava-arena (Qho gv-ar)</i>	<i>29</i>
<i>Aluvión (Qho al).....</i>	<i>30</i>
III.3. TECTÓNICA.....	30
III.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	31
<i>III.4.1. Descripción de las estructuras</i>	<i>31</i>
III.4.1.1. Deformación dúctil	31
III.4.1.2. Deformación dúctil-frágil.....	31
III.4.1.3. Deformación frágil.....	31
IV.- YACIMIENTOS MINERALES.....	36
IV.1. METÁLICOS	36
IV.1.1. Introducción	36
IV.1.2. Antecedentes.....	36
IV.1.3. Infraestructura	36
IV.1.4. Áreas mineralizadas	36
IV.1.4.1. Área mineralizada San Isidro	36
IV.1.4.2. Área mineralizada La Esperanza	40
IV.1.4.3. Área mineralizada Santa Gertrudis.....	43
IV.2. NO METÁLICOS	49
IV.2.1. Introducción	49
IV.2.2. Minas activas	49

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

IV.2.3. Minas inactivas	50
IV.2.4. Área mineralizada La Esperanza	50
IV.2.5. Área mineralizada San Isidro.....	57
IV.2.6. Área mineralizada Santa Gertrudis	57
IV.3. BANCOS DE MATERIAL Y DE ROCAS DIMENSIONABLES	64
IV.3.1. Bancos activos.....	64
IV.3.2. Bancos inactivos.....	64
IV.4. ÁREAS PROSPECTIVAS	65
Área prospectiva San Isidro	65
V. MODELO DE YACIMIENTOS MINERALES Y POTENCIAL	67
VI. GEOQUÍMICA.....	73
VI.1. INTRODUCCIÓN	73
VI.2. HIDROGRAFÍA	73
VI.3. PARÁMETROS GEOQUÍMICOS	73
VI.3.1. Muestreo	73
VI.3.2. Análisis	73
VI.4. INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA	73
VI.4.1. Estudio de orientación.....	73
VI.4.2. Afinidad de elementos.....	80
VI.4.3. Interpretación de elementos metálicos.....	83
Distribución de la asociación del Factor 1 (Cu y Fe).....	83
Distribución de la asociación del Factor 4 (Pb y As).....	85
Distribución de oro	85
Distribución de zinc	86
Conjunto de anomalías geoquímicas.....	90
VI.5. RESULTADOS	90
VI.5.1. Conclusiones.....	90
VI.5.2. Recomendaciones.....	90
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
VII.1. CONCLUSIONES	93
VII.2. RECOMENDACIONES	94
VIII. PROBLEMAS NO RESUELTOS	94
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	
Tablas:	
1. Análisis químicos.	
2. Datos estructurales	
3. Muestreo general	
4. Reporte de resultados geoquímicos	
5. Resultados petrográficos.	
6. Rocas dimensionables y bancos de material	
7. Yacimientos minerales	
Boletas de Laboratorio:	
8. Caracterización química (Esquirlas)	
9. Inclusiones fluidas	
10. Mineragráficos	
11. Petrográficos	
12. Rayos X (difracción y fluorescencia)	

RESUMEN

El área de la carta se localiza en el sector suroeste del estado de Nuevo León, entre las coordenadas geográficas 100° 20' a 100° 40' de latitud norte y 24° 30' a 24° 45' de longitud oeste, abarca una superficie de 924 km². En relación a los elementos paleogeográficos, el área se sitúa en la cuenca Mesozoica del Centro de México, mientras que en la clasificación de terrenos tectonoestratigráficos, corresponde al terreno Sierra Madre y fisiográficamente en la provincia Sierra Madre Oriental, subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales.

La estratigrafía varía en edad del Jurásico superior al Holoceno. La unidad más antigua está conformada por una secuencia de caliza en capas medianas a gruesas, de edad Oxfordiano (Jo Cz), correspondiente a la Formación Zuloaga, distribuida en una franja irregular que va de la parte central sur a la porción noroeste de la carta, la cual, en algunas porciones, se encuentra interdigitada con horizontes de yeso de la secuencia de yeso-caliza de la Formación Olvido, de edad Oxfordiano-Kimmeridgiano (Jok Y-Cz). Ambas formaciones son cubiertas concordantemente por una secuencia en la que predominan los sedimentos terrígenos, con intercalaciones de delgados horizontes calcáreos, de la Formación La Caja (JkKbe Lm-Cz), demarcando los depósitos del Jurásico superior Tithoniano al Cretácico inferior Berriasiano-Aptiano.

El Cretácico está representado por secuencias sedimentarias marinas relacionadas a depósitos de cuenca, las cuales guardan entre sí relaciones transicionales y concordantes. Su distribución se da de la parte media de la carta hacia el límite poniente, están presentes en la mayor parte del sector oriental y con menor distribución en la parte media de la carta, donde predominan sedimentos continentales producto de la degradación de las unidades del Mesozoico.

A la Formación La Caja le sobreyace la Formación Taraises (Kbeh Cz-Lu) del Berriasiano-Hauteriviano, conformada por caliza, caliza arcillosa y menormente margas con interestratificaciones de lutita; a su vez, le cubren depósitos de caliza en capas medianas a gruesas, con esporádicos nódulos de pedernal de la Formación Cupido (Khap Cz) del Hauteriviano-Aptiano, la cual infrayace a caliza arcillosa en capas delgadas con intercalaciones de terrígenos y bandas de pedernal negro, pertenecientes a la Formación La Peña (Kap Cz-Lu) del Aptiano. A esta última le sobreyace una delgada secuencia de caliza de textura *mudstone* a *wackestone*, de estratificación delgada a mediana y con esporádicos nódulos de pedernal negro de la Formación Aurora (Ka Cz-Do) del Albiano. Le sigue una secuencia de caliza y lutita con bandas y lentes de pedernal negro, correspondiente a la Formación Cuesta del Cura (Kace Cz-Lu) del Albiano-Cenomaniano, continuando con una sucesión de caliza arcillosa que se interestratifica con horizontes de lutita de la Formación Indidura (Kcet Cz-Lu) del Cenomaniano-Turoniano, que a su vez infrayace a un amplio paquete compuesto por una secuencia arrítmica de arenisca y lutita de la Formación Caracol (Kcom Ar-Lu) de edad Coniaciano-Maastrichtiano. Esta última unidad representa el último depósito de la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

Los depósitos continentales cenozoicos inician con una sucesión de conglomerado polimíctico bien cementado y mal clasificado (Te (?) Cgp-Ar), con edad incierta del Eoceno, al que le siguen sedimentos lacustres del Oligoceno-Holoceno (TomQho la), ubicados en el sector sureste de la carta, constituidos por arcillas, limos y yeso, cuyo depósito se da en una cuenca endorreica, orientada NW-SE. Como parte de la erosión de las rocas preexistentes, se desarrollan depósitos de "pie de monte", conformados por secuencias conglomeráticas y de gravas con una variable consolidación (Tmpl Cgp, TplQpt Cgp-gv y Qho co), considerándose del Mioceno-Plioceno al Cuaternario. Finalmente, se tienen depósitos no consolidados de grava-arena (Qho gv-ar) y aluvión (Qho al) rellenando las partes topográficamente más bajas.

La evolución tectónica mesozoica de la región está relacionada a la apertura del Golfo de México, ocurrida durante el Triásico tardío–Jurásico medio, posteriormente, en el Jurásico tardío, en el marco de una transgresión marina y de un ambiente pasivo, se dieron las condiciones de estabilidad tectónica, marina y sedimentación para el depósito de potentes secuencias carbonatadas y evaporíticas, condiciones que prevalecieron durante el Cretácico temprano, tiempo en que se desarrolló sedimentación calcárea. En el Cretácico tardío-principio del Paleógeno, un cambio en el ángulo de subducción entre las placas Farallón y Norteamericana fue causa del inicio de la orogenia Laramide, con el consecuente cambio de un ambiente marino a mixto, evidenciado por una etapa de deformación, levantamiento y transporte tectónico hacia el noreste de la secuencia sedimentaria marina mesozoica. Después de la orogenia Laramide se da un reacomodo por tectónica distensiva, generando fallamiento normal y lateral. Durante el Eoceno-Mioceno, existió actividad ígnea, la cual, regionalmente trae consigo el emplazamiento de cuerpos plutónicos con afloramientos aislados.

La configuración estructural de la carta es derivada, principalmente, de los efectos compresivos generados durante la orogenia Laramide. En este sentido, las principales estructuras reconocidas dentro del área corresponden al dominio dúctil-frágil, observándose pliegues anticlinales y sinclinales, cuyos planos axiales presentan inclinaciones hacia el noreste, como en los anticlinales Santa Gertrudis, El Carnero y Las Minas, entre otros, asimismo en los sinclinales El Barrosito, La Flecha y Las Presas. Por otro lado, los anticlinales La Ranchadora y El Peyote presentan un plano axial volcado hacia el suroeste. La mayor de las estructuras plegadas es el anticlinal en abanico Santa Julián, con inclinaciones divergentes en su plano axial. Además, como resultado del empuje tectónico laramídico, se desarrollan cabalgaduras, como la de Santa Eduvigis, que sobrepone rocas jurásicas sobre cretácicas, adicional a las estructuras plegadas, se generan fallas laterales dextrales y sinestrales, como Dolores y El Camino, y El Corral y Los Piloncillos, respectivamente. En lo que concierne a yacimientos minerales, fueron determinadas las áreas mineralizadas San Isidro, La Esperanza, Santa Gertrudis.

El área mineralizada San Isidro se sitúa en el sector suroeste de la carta, siendo reconocida en ella la mina inactiva *La Luna*, la cual presenta un cuerpo mineralizado de forma irregular con tendencia a manto, con 20 m de longitud, un espesor de 1.0 a 1.50 m, y una profundidad conocida de 12 m. Resultados de química analítica de 5 muestras de esquirlas reportan en promedio 0.02 g/t Au, 0.28% Cu, 0.02% Zn, 29.78% Fe, 0.01% de Mn y 0.01% Sb. También se reconoció la manifestación mineral *Mónica*, es una estructura de forma irregular, cuyo análisis químico de dos muestras reportó en promedio 0.16% Cu, 0.06% Zn, 0.02% Pb, 34.93% Fe y 0.02 g/t Au, ambas estructuras se alojan en caliza de la Formación Cupido.

El área mineralizada La Esperanza se localiza en el sector noroeste de la carta, ubicándose en ella la mina inactiva *El Coyote*, con una estructura mineralizada irregular, con tendencia a estratiforme, con longitud de 12 m, espesor de que varía de 0.40 a 2.60 m, en profundidad conocida de 22 m, alojada en caliza de la Formación Zuloaga. Resultados de química analítica de cuatro muestras reportaron en promedio 0.28% Cu, 0.14% Pb, 0.01% Mn, 0.01% Sb y 16.59% Fe. En el área mineralizada Santa Gertrudis, situada en el sector noreste de la carta, fue reconocido el prospecto Las Amalias y las minas inactivas *La Sierra*, *El Ventarrón*, *El Puerto Los Lobitos* y *El Mulato*, las tres últimas con mineralización de Mn. *Las Amalias* corresponde a una veta de 300 m de longitud alojada en rocas de la Formación Cuesta del Cura, en la que se observaron óxidos, silicatos, carbonatos y sulfatos de Cu, Pb y Zn, cuyos valores llegan a alcanzar 16.38% Zn, 5.12% Cu y 0.07% Pb. *La Sierra* corresponde a una estructura irregular, con espesor promedio de 0.80 m, reconocida en una longitud de 11 m y profundidad de 6 m, en la que el análisis químico de tres

muestras reportaron en promedio 1.16% Pb, 0.48% Zn y 40.84% Fe. Para *El Ventarrón* la veta-falla es de 1 m de espesor, 7 m de longitud y 4 m de profundidad conocida, el análisis químico de una muestra de veta reportó 10.27% Zn, 0.02% Pb, 0.02% Cu y 0.03% Mn. En *El Puerto* la veta-falla es de 1.20 m de espesor, reconocida en 60 m de longitud y 6 m de profundidad, valores promedio en dos muestras de 1.36% Mn. *Los Lobitos*, consistente de una veta-falla de 178 m de longitud, con espesor que varía de 0.40 a 1.40 m en 6 m de profundidad, con 1.32% Mn y en *El Mulato*, la veta es de 0.40 m de espesor, reconocida en 40 m de longitud y 4 m de profundidad, con 0.027% Mn.

En cuanto a minerales no metálicos, el área de la carta se caracteriza por la presencia de fosforita, celestina, barita, carbonato de calcio y fluorita.

La mineralización de fosforita ocurre en estratos de hasta 1 km, con espesores, generalmente, menores de 0.30 m, todos alojados en la Formación La Caja, los cuales se interestratifican entre limolitas y calizas de esta unidad. En el área mineralizada La Esperanza, fueron reconocidas 8 minas inactivas, las cuales, con excepción de la denominada El Buey, se alinean burdamente de sur a norte, siguiendo la actitud estructural de las rocas que las alojan. En *El Buey*, los valores son de 22.64% P_2O_5 . Para *La Esperanza* el contenido promedio de P_2O_5 es de 15.37%, en *La Cañada* es de 21.65% P_2O_5 . Para *La Coyota* el promedio dio 13.60% P_2O_5 . En las localidades *El Molino*, diferencias en *Norte*, *Centro* y *Sur*, los valores promedio son 23.13, 28.75 y 17.73% P_2O_5 , respectivamente. Finalmente, en *Dolores* los valores promedio son de 27.39% P_2O_5 .

En el área mineralizada Santa Gertrudis se identificaron las minas inactivas *La Odisea* y *El Pozo*, además de la manifestación mineral *El Rincón*, en las que se explotó fosforita en cuerpos estratiformes en la Formación La Caja, cuyos espesores van desde 0.20 a 1.00 m de espesor, con longitudes variables. Los valores promedio son: *La Odisea*, con 11.78% P_2O_5 ; *El Pozo*, con 16.83% P_2O_5 y *El Rincón*, con 11.78% P_2O_5 .

La celestina y barita se explotan a cielo abierto en la mina activa Santa Amalia, la cual representa la mayor actividad minera de la carta. La mineralización ocurre de manera masiva y relleno de fracturas, conformando conductos alimentadores que llegan a formar estructuras mineralizadas de hasta de 0.60 m de potencia, con cuerpos de forma irregular y, en algunas partes, en forma de ritmitas, y cementando brechas monolíticas, en longitud aproximada de 190 m, ancho de 60 m y profundidad conocida de 40 m. La roca huésped es caliza de la Formación Cupido. El análisis químico de dos muestras reportaron en promedio 83.60% $SrSO_4$ y 7.35% $BaSO_4$.

La calcita fue reconocida en el prospecto La Blanca y la mina inactiva La Zanja, en vetas alojadas en las formaciones Cupido y Cuesta del Cura. Con dimensiones y valores de 46 y 95 m de longitud y espesor de 1.60 y 0.70 m, y contenidos de 97.74 y 81.95% $CaCO_3$.

La mineralización de fluorita, ocurre de manera vetiforme en la mina inactiva La Violeta, con 0.95 m de espesor y 7.18 % en promedio de flúor.

Los agregados pétreos fueron documentados en los bancos inactivos La Oveja y El Caballo, en los que fue extraído material para ser utilizado como balastre en la construcción y mantenimiento de terracerías.

La génesis de los yacimientos polimetálicos, así como los de calcita, fluorita y manganeso se caracterizan por presentar estructuras típicas de relleno, con algunos datos de temperaturas que varían entre 137 y 244 °C, por lo que de manera preliminar se les asocia a una génesis de tipo hidrotermal, asociado a fluidos hidrotermales distales de plutones no exhumados. El yacimiento de celestina y barita de la mina Santa Amalia, presenta características de tipologías de *Mississippi Valley* (MVT) e hidrotermal, por lo cual tentativamente se interpreta una génesis primaria asociada a MVT, afectada por una segunda etapa hidrotermal que permitió la removilización a cuerpos

irregulares y brechoides. Las tipologías mencionadas no se consideran concluyentes, siendo necesario realizar otros estudios para determinar con mayor certidumbre su origen.

La fosforita se considera de origen sedimentario, relacionado a procesos orgánico-químicos que ocasionaron la precipitación de fosfato de calcio en sedimentos micríticos.

Para la prospección de yacimientos metálicos se recomienda el área de la mina inactiva La Luna, con trabajos geológicos a detalle, muestreo sistemático de estructura y roca de caja, así como geofísica de gravimetría y polarización inducida para establecer el comportamiento del cuerpo mineralizado y definir la importancia económica.

Entre los minerales no metálicos, los depósitos de fosforita tienen potencial abierto para ser explorados y evaluados, y representa un recurso que de acuerdo a la oferta y la demanda, podría ser de interés económico.

Del estudio de geoquímica de sedimentos de arroyo se determinó como elementos indicadores de mineralización al Cu, Zn, Pb, As, Au y Fe. Se delimitó un área geoquímicamente anómala, situada en el sector noreste de la carta, con 10 pétalos que reportaron contenidos anómalos de Au, Cu, Zn y Fe.

I.- INTRODUCCIÓN

I. 1. Objetivo del estudio

Para cumplir con el Programa de Cartografía Geológico-Minera y Geoquímica a escala 1:50,000, el Servicio Geológico Mexicano (SGM) llevó a cabo el levantamiento de la carta El Carmen, G14-C65, ubicada en el estado de Nuevo León.

La finalidad es proporcionar al sector minero, a los investigadores, a los estudiantes y a los usuarios en general, la información geológica y minera del territorio nacional. Para ello, se emplean tecnologías y herramientas actualizadas.

El programa se basa en la misión del SGM, generar el conocimiento geológico de México, promover su difusión y su mejor aplicación, que fomente la inversión, la competitividad y el aprovechamiento sustentable de los recursos minerales y naturales no renovables.

La Institución, como rectora en geo-ciencias, participa activamente en el desarrollo económico y social del país, y por ello es que contribuye con la información geológica sistematizada que se presenta en este informe y demás material gráfico.

I.2. Trabajos previos

Dentro y en los alrededores del área de estudio se han realizado diversos trabajos de carácter regional, como reportes técnicos publicados en revistas científicas y disertaciones doctorales, así como cartas geológico-mineras realizadas por el Servicio Geológico Mexicano (**Figura 1**).

A continuación se presenta un breve análisis de los trabajos previos consultados:

1) Padilla, S. R., 1978, publica en la revista del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, un artículo referido a la cartografía geológica en el área comprendida entre las rancherías El Carmen, El Coyote, El Barrosito y La Carbonera, en el límite suroeste del estado de Nuevo León, identificando rocas marinas que varían en edad desde el Jurásico superior hasta el Cretácico superior, las cuales conforman una serie de plegamientos; asimismo documenta la existencia de un cambio de facies entre las formaciones post-cenomanianas Indidura-Agua Nueva, Caracol-San Felipe y Parras-Méndez. Esta publicación es preludio de su disertación doctoral de 1982 en la Universidad de Texas en Austin, presentando su tesis: Evolución Geológica de

la Sierra Madre Oriental entre Linares, Concepción del Oro, Saltillo y Monterrey, México.

2) Goldhammer, R. K., 1999, realiza un estudio tectonoestratigráfico regional en el cual detalla la evolución paleogeográfica del noreste de México, adicionalmente sintetiza la secuencia estratigráfica regional y hace énfasis en la evolución tectónica del Paleozoico tardío hasta el Maastrichtiano.

3) Eguluz, de A. S. *et al.*, 2000, generan un artículo referente a la tectónica de la Sierra Madre Oriental, indicando que su configuración es debida a la deformación de rocas mesozoicas y de su complejo basal, las cuales fueron levantadas, comprimidas y transportadas tectónicamente hacia el noreste, formando pliegues y cabalgaduras durante la orogenia Laramide.

4) Montañés, C. A. *et al.*, 2000, elaboran la carta geológico-minera Concepción del Oro, G14-10, escala 1:250,000, en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, la cual incluye en su totalidad el área de la carta El Carmen, definiendo que la base de la columna litoestratigráfica regional está integrada por rocas marinas del Jurásico superior, sobreyacidas por rocas calcáreas de cuenca y arrecife, así como por secuencias siliciclásticas del Cretácico, además de sedimentos terrígenos del Terciario al Cuaternario. La configuración estructural está determinada por la presencia de anticlinales y sinclinales recumbentes con vergencias hacia el suroeste y al noreste, así como por pilares tectónicos asociados a la presencia de fallas normales.

5) Escalante, M. J. *et al.*, 2004, realizan la cartografía geológico minera de la carta El Salvador, G14-C64, escala 1:50,000, colindante al occidente del área de estudio, entre los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. En su informe documentan la presencia de unidades sedimentarias con edades que varían del Jurásico superior al Cretácico superior, cubiertas parcialmente por secuencias clásticas recientes. Destacan la presencia de dos cuerpos magmáticos de composición monzonítica y sienítica, que afectan a unidades del Mesozoico, relacionadas con la presencia de mineralización de Cu, principalmente, además de Pb, Ag y Zn, vermiculita, barita y fosforita.

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

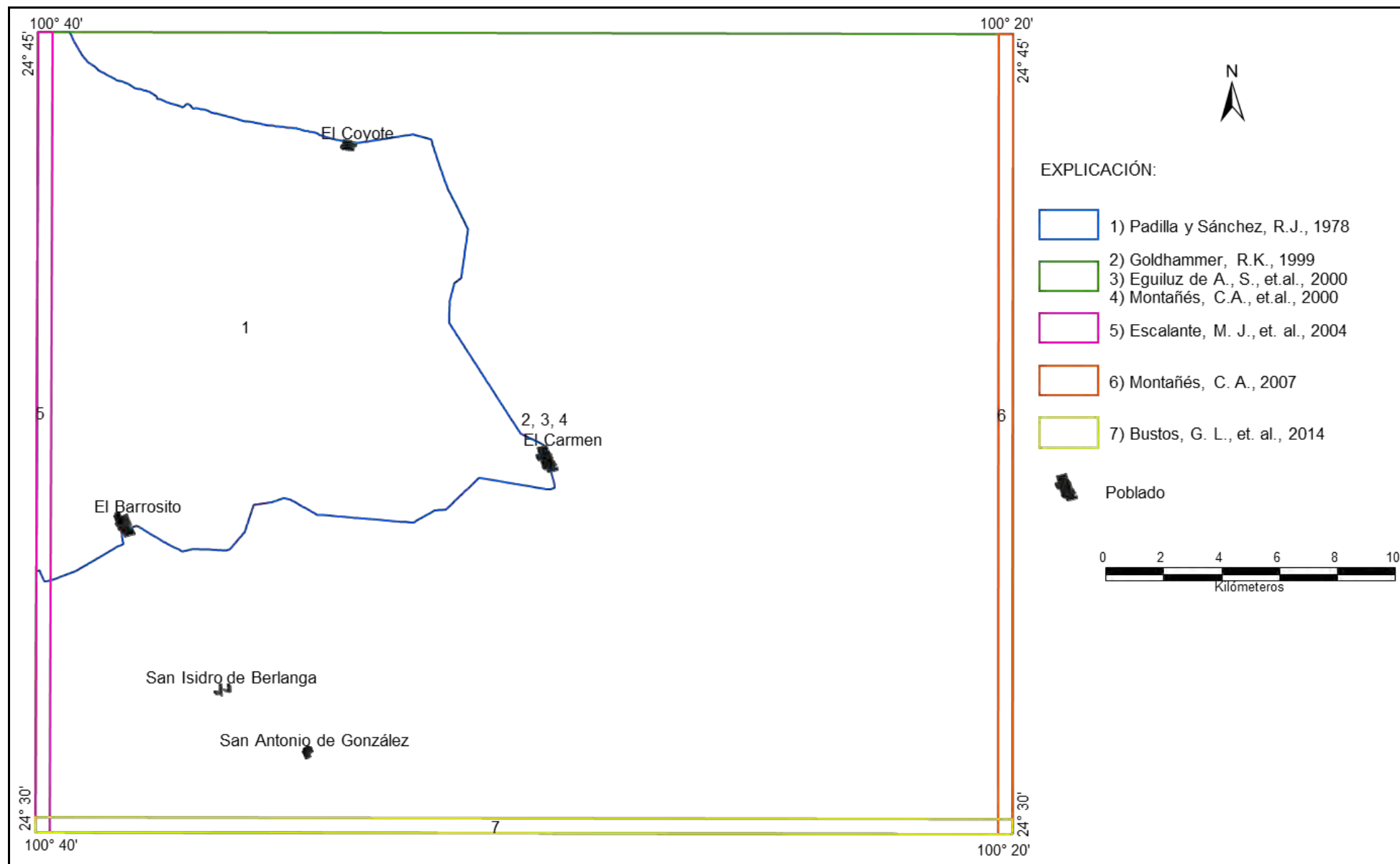


Figura 1.- Localización de trabajos previos.

6) Montañés, C. A. *et al.* 2007, elaboran la carta geológico-minera San José de Raíces, G14-C66, escala 1:50,000, ubicada inmediatamente al oriente de la carta El Carmen, en el estado de Nuevo León, en la cual se mapean lechos rojos del Triásico superior sobreyacidos por un amplio paquete de rocas marinas con edades que varían del Jurásico medio al Cretácico superior, documentando también la presencia de un pórfido riolítico que se encuentra afectando a la base de su secuencia estratigráfica propuesta. Asimismo determinan dos áreas mineralizadas y un distrito minero, cuyas características mineralógicas corresponden a cuerpos estratiformes de barita y fosforita, principalmente, no menospreciando contenidos traza de Pb, Zn y Ag.

7) Bustos, G. L. *et al.* 2014, realizan la carta geológico-minera El Canelo, G14-C75, escala 1:50,000, colindante al sur del área de estudio, entre los estados de Nuevo León y San Luis Potosí, indican que la geología está dominada por rocas sedimentarias con edades que varían del Jurásico superior (Oxfordiano) al Cretácico superior (Maastrichtiano), cubiertas parcialmente por depósitos clásticos y lacustres recientes. Asimismo, determinan cinco áreas mineralizadas, cuyas manifestaciones minerales están asociadas a procesos hidrotermales con mineralización de hematita y pirolusita, principalmente, así como trazas de Ag, Au, Pb, Cu y Zn.

I.3. Método de trabajo

La carta geológico-minera y geoquímica El Carmen, G14-C65 se levantó conforme a la metodología diseñada por la Gerencia de Geología y Geoquímica del Servicio Geológico Mexicano, documentada en el Sistema Integral de Gestión. El proceso se lleva a cabo en un período de diez meses.

La primera etapa, de gabinete, contempla la recopilación y análisis de la bibliografía para conocer los antecedentes geológicos del área. Paralelamente, se interpretan los rasgos geológicos y estructurales en las imágenes de satélite y epipolares, y se verifica en tipo y modelo de yacimientos minerales que pueden esperarse en la región. Se establece así un contexto geológico preliminar.

Durante el levantamiento de campo, se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Descripción de las unidades litoestratigráficas, sus relaciones entre sí y con los yacimientos minerales.

- Se miden datos estructurales de fracturas, fallas, foliación, flujo, pliegues y micro-pliegues.
- Se recolectan muestras representativas para estudios de petrografía, datación radiométrica, contenido de fósiles y microfósiles y su edad, así como el ambiente sedimentario. Se mapean las rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, así como domos exógenos y endógenos.
- Se describen y muestrean los yacimientos minerales metálicos y no metálicos. Se establece su relación con la geología estructural e igualmente se señala la extensión y tipo de las estructuras mineralizadas y se determina el modelo genético del depósito. Para apoyar los conceptos se envían muestras para estudios de mineragrafía, difracción y fluorescencia de rayos X, inclusiones fluidas, roca total y caracterización física.
- Descripción de las localidades mineras, su producción, tamaño, forma, extensión, reservas, infraestructura, empresa, planes de explotación y tipo de depósito
- Con la información geológica y minera, se determinan áreas favorables para la prospección. Se especifican detalles del concepto, modelo, afinidades con otros distritos o zonas mineralizadas, y potencial.
- Ubicación de todas las localidades y puntos de control con GPS y con el colector de datos digital. Se elaboran los planos de avance.

Se recolectan muestras de sedimento activo de arroyo —una por cada 5 km², para análisis químico, con lo cual se elaboran las estadísticas y se configuran los planos geoquímicos que nos dan la distribución de las anomalías de agrupaciones de elementos y mono-elementales. Finalmente, se redacta el capítulo de geoquímica.

En la etapa final, de gabinete, se ordena toda la información de campo, las tablas, bases de datos y niveles cartográficos. Se digitaliza la columna estratigráfica y se recopilan todos los análisis y estudios solicitados.

El proceso se lleva a cabo usando un sistema de información geográfica (SIG) a partir del cual se elaboran todos los niveles de información cartográfica: contactos, estructural, dataciones, muestreo, yacimientos minerales e infraestructura minera. En las

gerencias de Teledetección y Edición Cartográfica y en la Documentación Técnica se edita y publica la carta definitiva.

El informe final se redacta durante la tercera etapa. Incluye capítulos de geología, yacimientos minerales, modelo de yacimientos, geoquímica, conclusiones y

recomendaciones. Se hace énfasis en los yacimientos minerales, tanto metálicos como no metálicos, y su relación con los procesos geológico-estructurales para dilucidar si existen zonas potenciales prospectivas. Se revisa, se edita y se publica para que los usuarios tengan acceso a la información.

II.- GEOGRAFÍA

II.1. Localización y extensión del área

La carta El Carmen se ubica en la porción suroeste del estado de Nuevo León (**Figura 2**), aproximadamente a 100 km en línea recta al S 10° W de la ciudad de Monterrey, capital del estado. Se encuentra enmarcada por las coordenadas geográficas 24° 30' a 24° 45' de latitud norte y 100° 20' a 100° 40' de longitud oeste con relación al meridiano de Greenwich, abarcando una superficie de 934 km², dentro del municipio de Galeana, N. L.

En relación a las cartas geológico-mineras adyacentes realizadas por el Servicio Geológico Mexicano, su colindancia al norte es con la carta La Paz (G14-C55), al oriente con la carta San José de Raíces (G14-C66), al sur con la carta El Canelo (G14-C75), y al poniente con la carta El Salvador (G14-C64).

II.2. Acceso y vías de comunicación

El principal acceso se realiza por la carretera federal No. 57, partiendo de la ciudad de Monterrey, N.L., con dirección hacia el sur, rumbo a la ciudad de San Luis Potosí, S. L. P., recorriendo una distancia aproximada de 195 km, hasta llegar al entronque San Roberto, en el municipio de Galeana, N.L., en un tiempo de recorrido estimado de 2 horas con 30 minutos. A partir de este punto inicia una terracería hacia el suroeste, con destino a la comunidad El Carmen, que se localiza en el sector central de la carta, a 22.8 km de distancia del entronque San Roberto.

Desde la comunidad El Carmen divergen distintas terracerías, transitables en cualquier época del año, que comunican a las rancherías La Esperanza (El Coyote), El Barrosito, San Antonio de González y San Isidro de Berlanga (**Figura 3**)

Sin embargo, en las zonas serranas los caminos y accesos son reducidos debido a que la topografía que ahí se presenta limita el desarrollo de éstos.

Dentro del área de la carta no se cuenta con vía de ferrocarril, la más cercana se localiza en Estación

Ventura, a 22.4 km al oeste, perteneciente a la red ferroviaria Ciudad de México - Nuevo Laredo, Tamps. El aeropuerto más cercano es el Aeropuerto Internacional Plan de Guadalupe, en Ramos Arizpe, Coah., a 110 km al noroeste, asimismo, el Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo, de Monterrey, N. L., se encuentra a 135 km al noreste del centro de la carta.

La ciudad de Galeana, N. L., a aproximadamente 42 km de distancia por carretera, al noreste de la carta, es considerada como el mayor centro regional de abastecimiento y servicios públicos, ya que cuenta con los servicios básicos de electricidad y agua potable, telefonía e internet, además de centros de comercio, hospitales, clínica del ISSSTE y del Seguro Social, hoteles, banco y gasolineras.

II.3. Fisiografía

Fisiográficamente, la mayor parte del área de estudio se localiza en la subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales, exceptuando la porción noroeste, en donde las sierras Las Mazmorras y La Tomita son parte de la subprovincia de Sierras Transversales, ambas subprovincias son parte de la provincia Sierra Madre Oriental (Cervantes, Z. Y. *et al.*, 1990) (**Figura 4**).

Los principales elementos orográficos están representados por las sierras Las Mazmorras, La Tomita, Santa Gertrudis, Las Mesitas, Colorada y Las Vallas.

El relieve está caracterizado por una serie de serranías angostas y alargadas, de morfología semiabrupta y de orientación NW-SE, separadas por amplios valles, siendo la cota más alta 2,478 m.s.n.m., localizada en la sierra Las Mazmorras, al noroeste de la carta, mientras que la parte más baja topográficamente se ubica en la esquina suroeste, con una altitud de 1,793 m.s.n.m., por lo que el desnivel máximo es de 685 m.

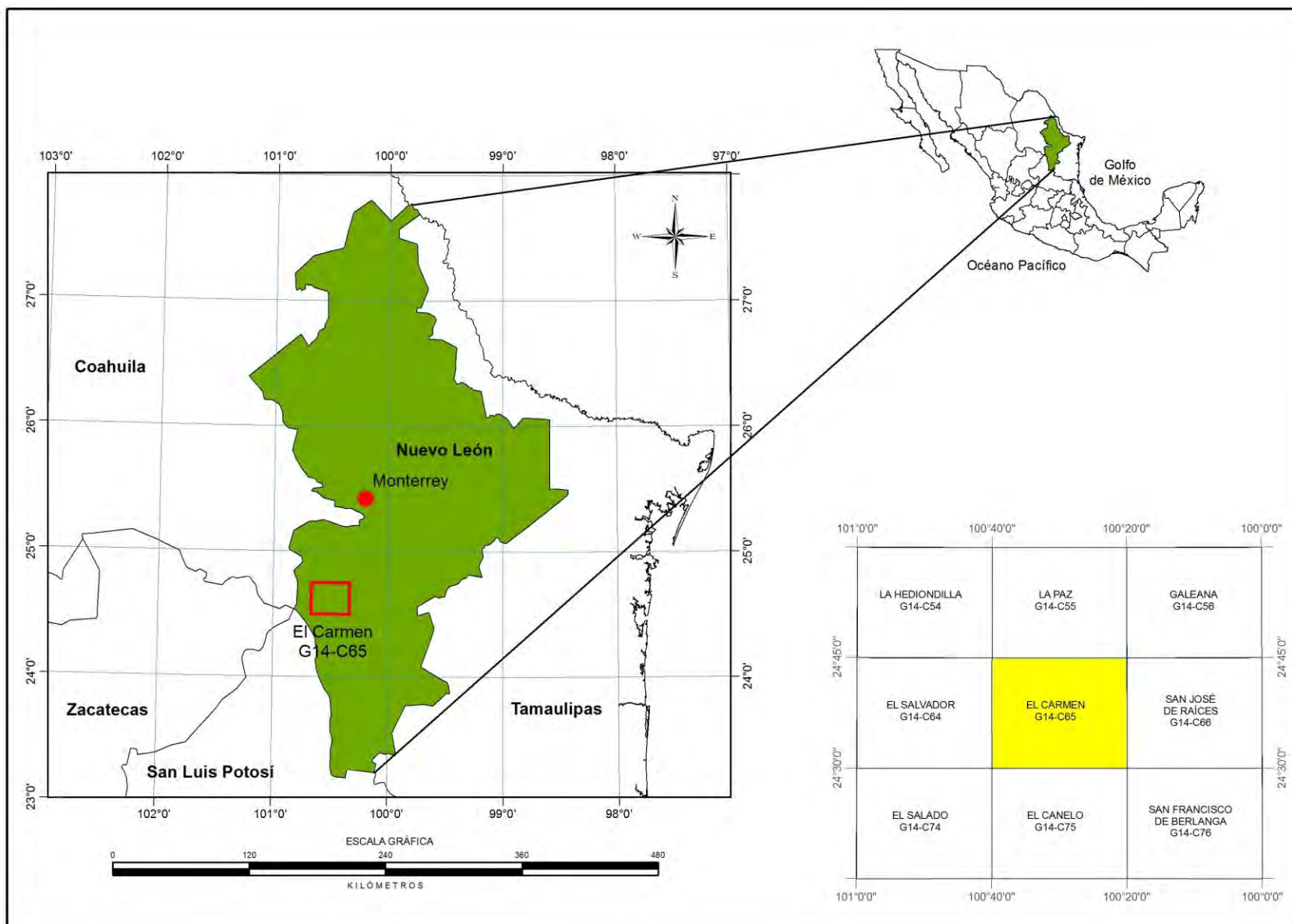


Figura 2.- Plano de localización.

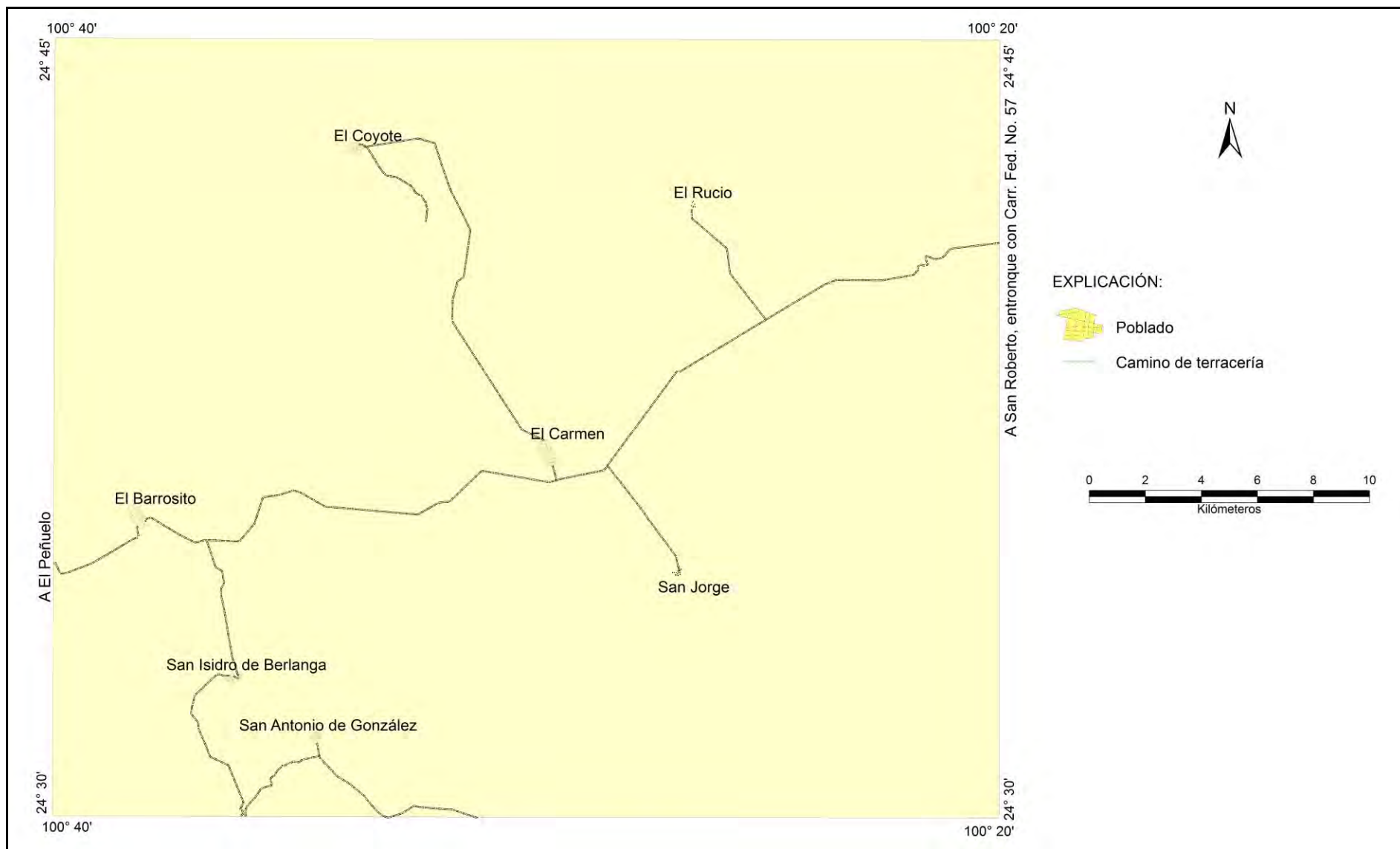


Figura 3.- Accesos y vías de comunicación.

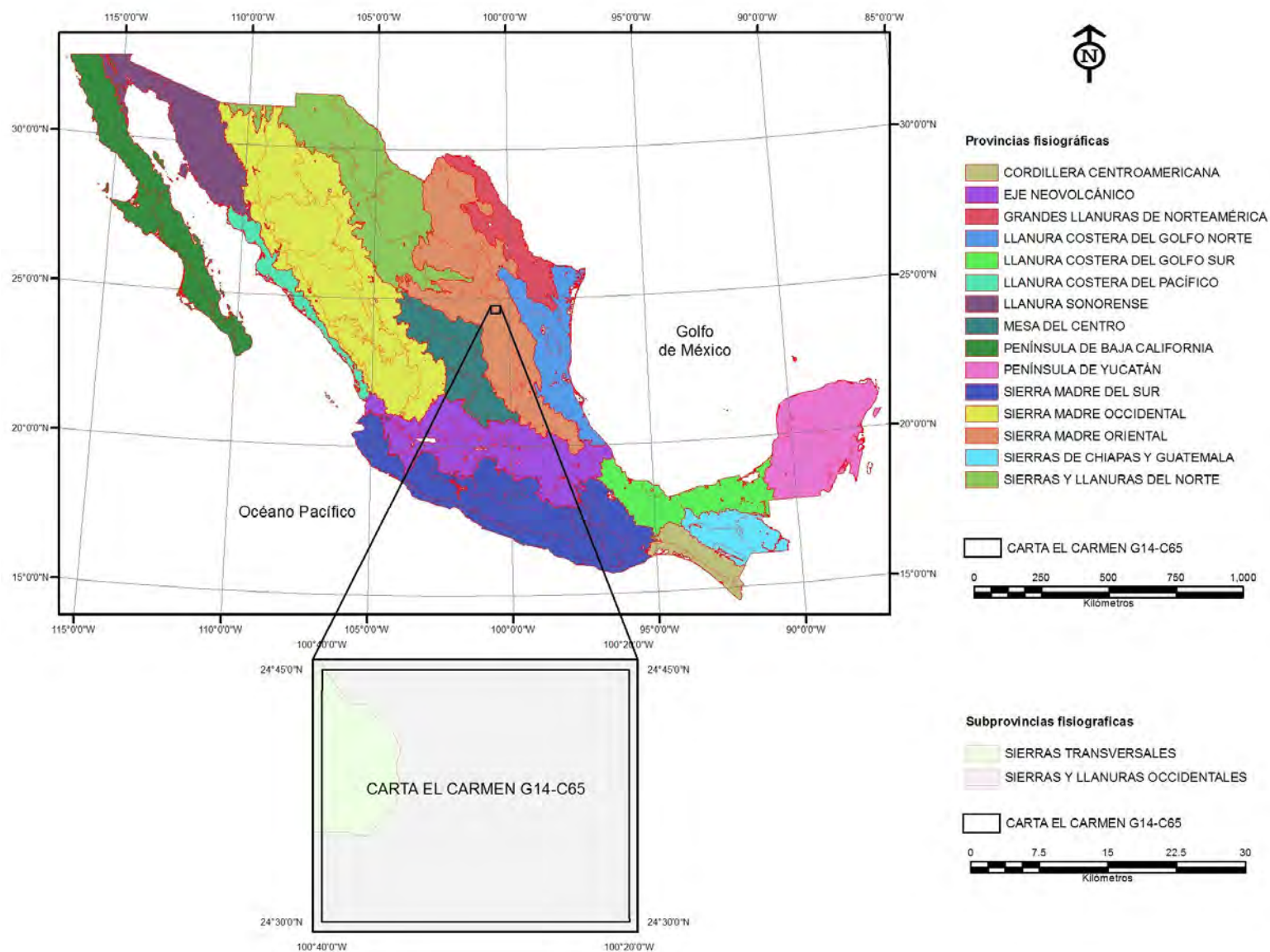


Figura 4.- Plano de provincias fisiográficas (modificado de Cervantes, Z. Y. et al., 1990).

III.- GEOLOGÍA

III.1. Marco geológico

En relación a los terrenos tectonoestratigráficos la carta El Carmen se ubica en el terreno Sierra Madre, propuesto por Campa, U. M. F. *et al.*, en 1982. Geológicamente, Eguliz de A., S. *et al.*, 2000, indican que la Sierra Madre Oriental se trata de una cordillera cuyo relieve es debido a la deformación de rocas mesozoicas y de su complejo basal, las cuales fueron comprimidas y transportadas tectónicamente hacia el noreste, formando pliegues y cabalgaduras durante la orogenia Laramide.

El área de estudio se localiza en el paleoelemento Cuenca Mesozoica del Centro de México, la cual es definida como “una extensa cuenca sedimentaria en la que se depositaron sedimentos marinos del Paleozoico y del Triásico, emergida durante el Jurásico inferior y medio, que posteriormente, al iniciarse una serie de transgresiones en el Jurásico, fue rellenada por sedimentos marinos someros del Jurásico superior y, subsecuentemente, por depósitos de aguas profundas del Cretácico” (Carrillo, B. J., 1971).

Geológicamente, la región que comprende el área de estudio está representada por secuencias litoestratigráficas que varían en edad desde el Oxfordiano (Jurásico superior) al Holoceno (Cuaternario), afectadas tanto por esfuerzos compresivos derivados de la orogenia Laramide, como por fallamiento normal asociado a fases distensivas (**Figura 5**).

La unidad más antigua que aflora en la carta es la Formación Zuloaga: Esta unidad fue estudiada principalmente por Burckhardt (1906^a, 1906b, 1930), fue quien primeramente la reconoció como “*Caliza con Nerinea*”. Posteriormente Imlay (1938) sugiere el nombre de Caliza Zuloaga. Más tarde, Humphrey (1956), propone el nombre Grupo Zuloaga. Gotte y Michalzik (1991) retoman el rango de grupo para esta unidad y engloban a las formaciones La Joya, Novillo, Minas Viejas y Zuloaga. Imlay (1953) proponen que la caliza Zuloaga es muy similar con la Formación Novillo propuesta por Heim (1940), cita que son litológicamente semejantes y que ocupan la misma posición estratigráfica. Gotte (1990 en Kroeger y Stinnesbeck, 2003), sugieren que aun cuando las formaciones Novillo y Zuloaga son parecidas litológicamente, como en contenido fósil, ocupan diferente posición estratigráfica, ya que la Zuloaga siempre sobreyace a la Formación Minas Viejas, mientras que la Novillo subyace a esta.

Por cambios de facie se tiene a la unidad Olvido, estas rocas fueron estudiadas inicialmente (al suroeste y este del Rancho Huizachal) por Schmittou y Kellum (*en* Burckhardt, 1930), siendo retomadas nuevamente por Burckhardt (1930) y Muir (1936). Posteriormente, Heim (1940) las denomina como Formación Olvido, la cual es conformada por una secuencia de calizas y dolomías con arcilla verde, roja y violeta y areniscas estratificadas, la parte inferior de dicha secuencia había sido nombrada Formación Novillo por el mismo autor, Imlay (1943) quien señala que la Formación Olvido únicamente abarca las masa yesífera gruesas de la base la Formación La Casita. En la Sierra Madre Oriental y áreas adyacentes en el norte de México; Humphrey y Díaz (2003) están de acuerdo y agregan un miembro superior delgado de lutitas y calizas esquistosas, en las cuales, según los autores contienen amonites del Oxfordiano superior en el flanco norte de la Sierra El Novillo. Goldhammer *et al.* (1991 *en* Goldhammer, 1999) la divide en dos subunidades, la inferior nombra “evaporita Olvido” y la parte superior de la unidad lo forma “Mudstone Olvido” (Olvido lime mudstone).

A la unidad Olvido le sobreyace concordantemente la Formación Caja, las rocas de esta unidad fueron estudiadas por Burckhardt (1906, 1930), sin embargo fue Imlay (1938) quien propone el término La Caja para caliza de estratificación delgada y margas del Jurásico Superior. Posteriormente, Verma Westerman (1973) divide esta Formación, en la sierra de Catorce, en dos miembros, El pastor y el Verde, mientras que Pessagi *et al.* (1999) la dividieron en cuatro miembros informales, los cuales en orden ascendente son: miembro lutita inferior, miembro pedernal, miembro lutita superior y miembro Cantera Cerro Panteón.

La Formación Taraises descansa concordantemente sobre la Formación La Caja. Imlay (1936) asigna el nombre de Taraises para caliza de edad Valanginiano situado estratigráficamente entre las formaciones La Casita y Las Vigas. Esta unidad después fue dividida por Díaz de León (1953) en el lente San Juan, abarca la base de la formación y miembro Arenosos Galeana que comprende la cima. Vokes (1963 *en* Eguliz, 1989) sugiere el miembro Los Nogales para la base de la formación Taraises. Conforme a Ocampo-Díaz (2008, 2012).

A la unidad antes descrita es cubierta concordante por la unidad Cupido, esta unidad inicialmente fue propuesta por Imlay (1937) la nombra Caliza Cupido,

Humphrey y Díaz (2003) la redefinen y la reconocen como Formación Cupido, que abarca todas las rocas carbonatadas en la Sierra de Parras. Delimitadas en la parte inferior por la Formación Taraises o Formación Capulín y por la Formación La Peña hacia arriba, por lo cual considera en esta a las rocas del miembro inferior de la Formación La Peña, expuestas en la parte media de la Sierra de Parras, además las rocas de la parte oeste de la misma Sierra, que Imlay (1936) incluye dentro de la Formación Parritas.

La Formación La Peña sobreyace concordante y su contacto es nítido a la unidad Cupido, Fue descrita inicialmente por Imlay (1936), en el flanco occidental de la sierra de Parras en Coahuila, donde identifica un horizonte Calcáreo (inferior) y un miembro superior calcáreo-lutítico, Humphrey (1949), la redefinió en la Sierra de los Muertos, en el estado de Nuevo León. Considerando como Formación La Peña al Miembro Superior (calcáreo-lutítico) de la subdivisión de Imlay (1936).

La Formación Aurora descansa concordantemente sobre la unidad La Peña, Burrows, (1910). Fue el primero que la describe como caliza semipura en capas gruesas con nódulos de fierro y pedernal, con abundantes fósiles, Humphrey y Díaz (1956), la menciona como caliza de estratificación delgada a masiva de color gris a ocre con cantidad variable de pedernal en forma de nódulos y concreciones, además presenta esporádicamente horizontes de lutita calcárea. PEMEX (1988b), sugiere que esta unidad está compuesta por horizontes calcáreos que varía de *wackestone* – *packstone* y *grainstone*, con macrofauna de rudistas (caprínidos y toucasias) y microfauna de miliólidos, así como fragmentos de algas.

Formación Cuesta del Cura cubre de manera concordante a la unidad Aurora. Imlay (1936) propone el término Caliza Cuesta del Cura para una sucesión de roca constituida de caliza con intercalaciones de arcillas y bandas y nódulos de pedernal. El mismo autor ubica su sección tipo en la Cuesta del Cura a cuatro millas al oeste de la Sierra de parras, Coahuila donde se observa excelentemente expuesta.

Así mismo la unidad Indidura sobreyace de manera tradicional a la unidad Cuesta del Cura. Fue definida inicialmente por Imlay (1936), quien la divide en 5 miembros: 1) integrada por una capa de yeso 2) Consiste de lutita 3) Conformada de una alternancia de lutita y arenisca 4) Representada de lutita y capas de caliza negra 5) Se compone por estratos delgados de caliza y lutítica, (Rogers *et al.*, 1957; Encino de La Vega 1967), indican que consiste de lutita y caliza

arenosa, la parte superior de la unidad está representada horizontes gruesos de caliza, con alternancia de lutita y caliza de tipo mudstone a wackestone, en estratos delgados a medianos, con algunas intercalaciones de arenisca (PEMEX, 1988b).

Estratigráficamente sobre la unidad anteriormente descrita se encuentra la Formación Caracol de manera concordante y transicional. Fue definida por (Imlay, 1937), consiste principalmente de una alternancia de lutita y capas arenosas, (Rogers *et al.*, 1957), menciona que esta unidad consiste de una gruesa secuencia de arenisca de grano fino a medio, intercaladas con lutita arenosa, Pantoja-Alor, (1962). Litológicamente está formada por una sucesión de arenisca y lutita que varía de estratos delgados a medianos. (Enciso de La Vega, 1963). PEMEX (1988b) puntualiza que la Formación Caracol representa una sucesión de lutita, arenisca y caliza con interestratificaciones de toba desvitrificada y presencia de caliza silícea interestratificada (novaculita).

La Formación Ahuichila sobreyace discordantemente a la unidad Caracol. Fue descrita por De Cserna (1956) como Serie Clástica Ahuichila, Rogers *et al.*, (1961) propone el nombre de Formación Ahuichila la cual es integrada por horizontes de conglomerado, arenisca, lutita, caliza lacustre y toba, en el cañón de Ahuichila. Posteriormente Pantoja-Alor, 1962) menciona que consiste de lutita, limonita y arenisca en el extremo norte de la Sierra de La Cadena. Péres-Rul (1967) los agrupa en miembros: inferior confinado de material tobáceo y arenisca, interestratificada con capas delgadas de yeso, el miembro superior de conglomerado con clastos de caliza, pedernal y rocas volcánicas. (Berumen-Esparza y Pavón-Leal, 1982), está integrado de conglomerado con clastos de caliza, en una matriz arenosa, asimismo fragmentos de rocas volcánicas y tobas.

Las unidades antes mencionadas, son cubiertas de manera discordante por unidades cenozoicas, representado por conglomerado polimíctico con intercalaciones de arenisca (Te (?) Cgp-Ar, constituido por fragmentos de caliza, arenisca y escasamente pedernal, hacia la cima de esta unidades se continua con los sedimentos lacustre (TomQho La), material constituido por conglomerado- grava (TplQpt Cgp-gv), coluvión (Qho co), sedimento de grava-arena (Qho gv-ar), y aluvión (Qho al).

La cartografía litoestratigráfica post-cenomaniana identificada en el área de estudio difiere de la reportada por Padilla y S., R. J., 1978, en la cual se sugiere un cambio de facies de las formaciones Indidura y

Caracol, de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, a las formaciones Agua Nueva y San Felipe, del Terreno Sierra Madre, ubicando esta transición en las sierras Las Mazmorras y La Tomita, localizadas en el sector noroeste de la carta, sin embargo, en este trabajo, las unidades cartografiadas en toda la extensión del área de estudio sugieren pertenecer únicamente a aquellas que fueron depositadas en la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

La evolución tectónica de la región está relacionada al proceso de apertura del golfo de México, derivado de la fragmentación continental de Pangea, durante el Triásico tardío y Jurásico (Padilla, S. R., 1986). Un intenso período de transgresión acontecido durante el Jurásico tardío traería consigo la instauración de ambientes marinos (Cantú, C. A., 1998), abriendo paso a la formación de la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo, B. J., 1971), la cual se rellenaría por un amplio paquete de sedimentos carbonatados depositados durante el Jurásico-Cretácico.

La orogenia Laramide, del Cretácico tardío, al tratarse de un evento compresivo, plegó, levantó y cabalgó a las secuencias sedimentarias anteriormente depositadas, atribuyéndosele la generación de las cadenas montañosas del noreste de México (Eguiluz de A., S. et al., 2000). Finalmente, una dinámica extensional generaría altos y bajos estructurales a consecuencia de fallamiento normal.

Respecto a yacimientos minerales metálicos, manifestaciones vetiformes de fluorita, manganita así como cuerpos de forma irregular de óxidos de hierro, con incipientes evidencias de mineralización de Cu-Zn-Pb, estos últimos con marcada alteración supergénica están relacionados a eventos hidrotermales. En cuanto a minerales no metálicos, el área de la carta El Carmen está representada, principalmente, por mineralización de celestina en un yacimiento clasificado preliminarmente como tipo *Mississippi Valley* (MVT), así como fosforita de origen sedimentario, en cuerpos estratiformes alojados en la Formación La Caja.

III.2. Estratigrafía

Se cartografiaron 14 unidades litoestratigráficas, las cuales se muestran en la columna estratigráfica y plano geológico-estructural (**Figuras 5 y 6**). A continuación se describen brevemente cada una de ellas, en orden cronoestratigráfico, iniciando con la unidad más antigua:

Caliza (Jo Cz) Formación Zuloaga

Esta unidad fue inicialmente estudiada por Burckhardt, C., 1906, refiriéndola como “Caliza con Nerinea”, posteriormente Imlay, R. W., 1938, propone el término “Caliza Zuloaga” para referir a una secuencia de caliza de estratificación gruesa y de coloración gris oscuro, cuya localidad tipo es establecida en la Sierra de Sombrerillo, al norte de Melchor Ocampo, Zac.

Se encuentra distribuida en las porciones noroeste, central poniente y central sur, de la carta, localmente y al sur de la comunidad El Coyote, en la sierra La Tomita y al oriente del Valle de San Julián hacia el flanco suroeste de la sierra Las Vallas, respectivamente.

Generalmente, esta unidad se compone de caliza de estratificación gruesa, de color gris oscuro en muestra fresca, intemperizando a un tono gris más claro, con esporádicos nódulos de pedernal negro y disoluciones estilolíticas. Localmente es posible identificar restos coralinos y eventualmente de *nerinea* sp.

En la sección levantada en la cañada de Santa Gertrudis, en las coordenadas UTM 14R 343167 E – 2731282 N, aflora caliza de textura *mudstone*, de coloración gris oscuro en muestra sana y tonalidad gris claro al intemperismo, en estratos medianos, de 0.30 a 0.50 m de espesor (**Fotografía 1**).

Esta moderadamente fracturada, con indicadores de esfuerzo por cizallamiento rellenos por calcita, nódulos de pedernal negro de 0.05 m de espesor y fragmentos fósiles no determinados. Litológicamente, estas características concuerdan con lo descrito por Imlay, R. W., (1938), como la parte superior de la Formación Zuloaga.



Fotografía 1.- Capas medianas de caliza, con horizontes de lentes de pedernal discontinuos correspondientes a la Formación Zuloaga.

SIMBOLOGÍA

CUATERNARIO

Qho al	Aluvión
Qho gv-ar	Grava - Arena
Qho co	Coluvión

TERCIARIO-CUATERNARIO

TplQpt Cgp-gv	Conglomerado polimíctico - grava
TomQho la	Lacustre

TERCIARIO

Tmpl Cgp	Conglomerado polimíctico
Te (?) Cgp-Ar	Conglomerado Polimíctico - Arena

CRETÁCICO

Kcom Ar-Lu	Arenisca - Lutita
Kcet Cz-Lu	Caliza - Lutita
Kace Cz-Lu	Caliza - Lutita
Ka Cz-Do	Caliza-Dolomita
Kap Cz-Lu	Caliza - Lutita
Khap Cz	Caliza
Kbeh Cz-Lu	Caliza - Lutita

JURÁSICO

JkKbe Lm-Cz	Limolita - Caliza
Jok Y-Cz	Yeso - Caliza
Jo Cz	Caliza

ERA	PERIODO	ÉPOCA PISO	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	CLAVE CARTOGRÁFICA	Ma
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Qho al Qho gv-ar Qho co	0.01
		PLEISTOCENO		TplQpt Cgp-gv	2.6
				TomQho la	
	TERCIARIO	NEÓGENO			5.3
		PLIOCENO			
		MIOCENO		Tmpl Cgp	23.0
		OLIGOCENO			33.9
		EOCENO		Te (?) Cgp-Ar	55.8
		PALEOCENO			65.5
MESOZOICO	CRETÁCICO	MAASTRICHTIANO			70.6
		CAMPANIANO		Kcom Ar-Lu Fm. Caracol	83.5
		SANTONIANO			85.8
		CONIACIANO			89.3
		TURONIANO		Kcet Cz-Lu Fm. Indidura	93.5
		CENOMANIANO		Kace Cz-Lu Fm. Cuesta del Cura	99.6
		ALBIANO		Ka Cz-Do Fm. Aurora Kap Cz-Lu Fm. La Peña	112
		APTIANO			125
		BARREMIANO		Khap Cz Fm. Cupido	130
		HAUTERIVIANO			136
	JURÁSICO	VALANGINIANO		Kbeh Cz-Lu Fm. Taraises	140
		BERRIASIANO			145.5
		TITHONIANO		JkKbe Lm-Cz Fm. La Caja	151
		KIMMERIDGIANO		Jok Y-Cz Fm. Olvido	156
		OXFORDIANO		Jo Cz Fm. Zuloaga	161

Figura 5.- Columna estratigráfica

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

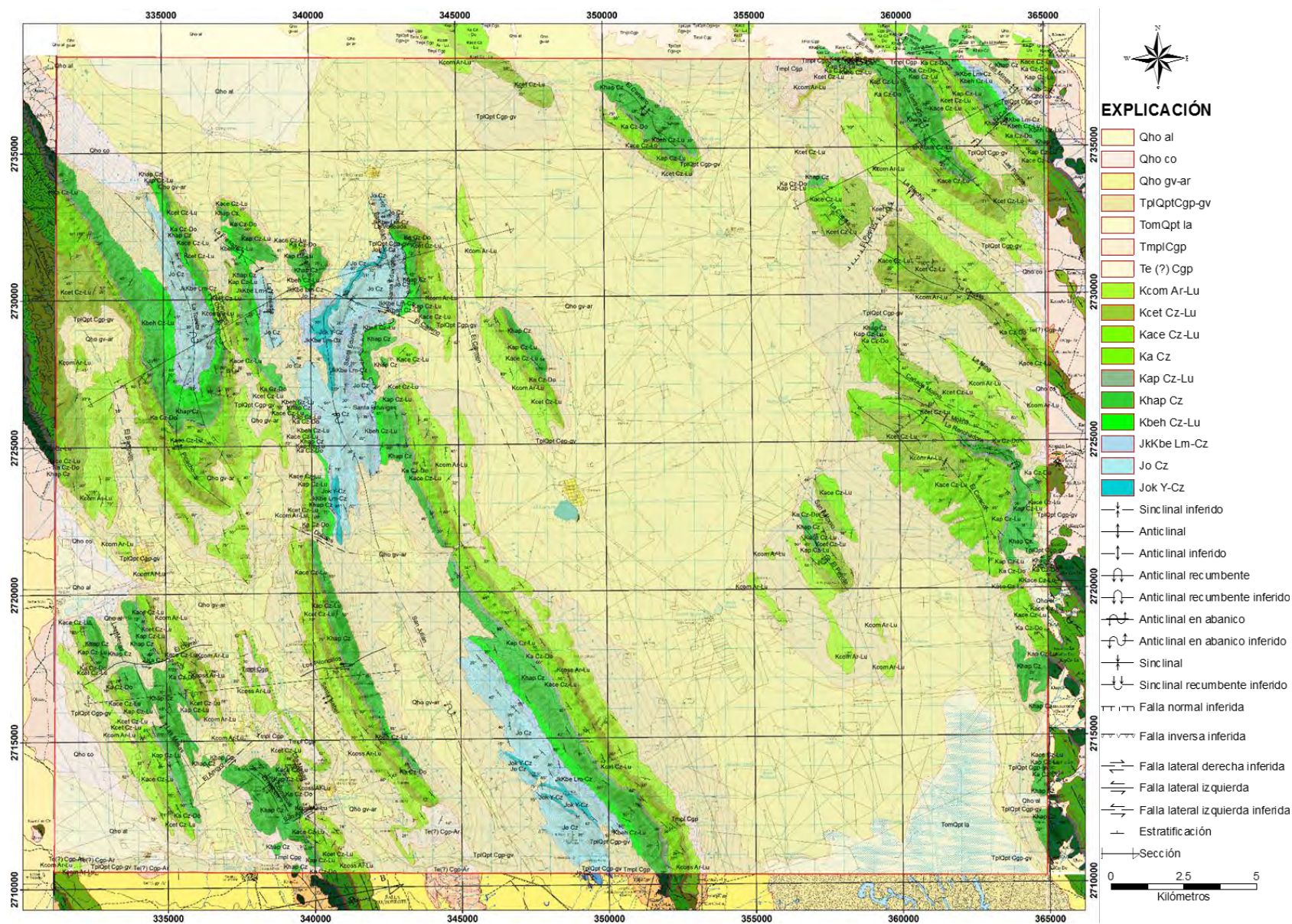


Figura 6.- Plano geológico-estructural

Asimismo al noreste de la cañada el Molino, la unidad Zuloaga se le aprecian estratos gruesos a masivos de 0.50 m a 1.20 m de espesor, de orientación N 18° E, buzamiento de 31° al NW, con líneas de estilolitas paralelo a la estratificación, la superficie de la caliza es áspera y rugosa con abundante fauna de tipo coral y gasterópodos, ocasionalmente vetillas de cuarzo cristalino, al golpeteo del martillo despiden ligeramente un olor fétido y escasamente microvetillas de óxidos de hierro.

La muestra **EC016** colectada para estudio petrográfico, es de color gris oscuro, de textura de grano fino, con presencia leve de alteración (oxidación).

Al microscopio está conformada de calcita en un 90.2%, los minerales secundarios son calcita 7% y hematita 0.6%, los minerales accesorios los conforman cuarzo (2%) y biotita (0.2%), es de textura *mudstone*, origen sedimentario químico y se clasificó como caliza *mudstone*.

Se estima que esta unidad posee un espesor aproximado de 500 m, Imlay, R. W., 1938, en su localidad tipo reporta un espesor de hasta 545 m. En la carta se estimó espesor de 250 m sin aflorar su límite inferior.

La Formación Zuloaga es sobreyacida de manera concordante y abrupta por la Formación La Caja, sin embargo, en la falla Santa Eduvigis, guarda relaciones tectónicas sobreyaciendo sobre ésta misma, al observarse en contacto por cabalgadura. Se desconoce su contacto subyacente al no estar expuesto su límite inferior dentro del área de la carta. Asimismo se llega a encontrar interdigitada con la Formación Olvido, tal como se observó en el flanco poniente de la cañada Santa Eduvigis.

Imlay, R. W., 1953, indica que esta unidad tiene una edad Oxfordiano, basándose en la presencia de amonites de esta edad en los afloramientos situados en San Pedro del Gallo y Villa Juárez, Dgo. Asimismo la restringe con base en los fósiles del Kimmeridgiano de la parte inferior de la Formación La Caja. Por otro lado, PEMEX, 1988, considera que la edad oxfordiana de la Formación Zuloaga está confirmada por la presencia de (*espongiostromata* y *dascycladaceas*), espículas de esponjas (*Rhaxella sorbyana*) y coprolitos de *Favreina salevensis*. Con base en estos argumentos, en este trabajo se consideró también de edad oxfordiana.

Tristán, G. M. *et al.* (1992), consideran que esta unidad es correlacionable con las formaciones Novillo, Santiago, Olvido, La Gloria y Las Trancas.

El ambiente de depósito de la Formación Zuloaga fue determinado por Imlay, R.W. (1953), como un depósito batial y nerítico, cercano a la línea de costa, con clima uniforme y escaso aporte de terrígenos.

Respecto a su importancia geoeconómica, en el sector nor-noroeste de la carta, esta unidad alberga mineralización hierro, trazas de cobre y plomo, observadas en cuerpos lenticulares en la mina abandonada El Coyote.

Yeso-Caliza (Jok Y-Cz) Formación Olvido

El término de Formación Olvido fue inicialmente propuesto por Heim, A., 1940, para designar a un conjunto de rocas jurásicas compuestas por caliza y dolomía aflorantes en la región del rancho El Olvido, en la porción sureste del Valle de Huizachal, al suroeste de Ciudad Victoria, Tamps., incluyendo a masas yesíferas de estructura masiva que se observan en esa misma región.

Esta unidad se observa aflorando en delgadas franjas alargadas de orientación NW-SE, en las porciones sur centro y poniente central de la carta.

De manera general, en la carta, la Formación Olvido consta de secuencias de yeso bandeado y laminar que presentan microplegamientos locales, el yeso se interestratifica con horizontes calcáreos de textura wackestone poroso y estratificación delgada.

En la sección realizada al sur – centro de la carta al noreste del cerro La Cuchilla Quemada, las características observadas en las coordenadas UTM 14R 349181 E – 2712456 N, son: a la base yeso de tonalidad gris oscuro y blanquecina, de brillo perlado, con finas laminaciones de coloración gris, de estructura compacta y estratificado en capas de 0.50 m a 0.70 m de espesor (**Fotografía 2**), con un alto grado de erosión muy alterada.



Fotografía 2.- Horizontes de yeso y caliza de la Formación Olvido con espesores de 0.3 a 0.6 m.

Le sobreyace concordantemente una caliza de color gris oscuro a gris claro, de textura *wackestone*, semiporosa e intensamente fracturada, dispuesta en estratos de 0.20 a 0.30 m de espesor, de rumbo general N 42° W con echado de 35° al SW, rumbo de fracturamiento N 67° E, con echado de 45° al NW, un segundo sistema de orientación N 42° W, con buzamiento de 40° al SW, se observan rizaduras y estructuras de karsticidad bien desarrolladas.

La Formación Olvido presenta espesores aproximado de 50 a 100 m dentro de la carta, difiriendo con la estimación de 400 m realizada en la carta San José de Raíces (Montañés, C. A., 2006), lindante al oriente, sin embargo, esta diferencia de espesores puede ser a causa de diferencias en las tasas de subsidencia y grado de erosión de cada región (Goldhammer, R. K., 1999).

Esta unidad al noreste del Puerto Dolores, en el sector centro-oeste, es sobreyacida discordantemente y abruptamente por la secuencia de limonita-caliza de la Formación La Caja (JkKbe Lm – Cz), mientras que su contacto inferior se desconoce ya que no está expuesta su base.

En el sector centro sur en el arroyo El Quiotalillo en Cuchilla La Colmena, la Formación Olvido es cubierta concordantemente y abruptamente por caliza de la unidad Zuloaga, así mismo como se observa en el sector centro al noreste del Puerto Dolores.

La Formación Olvido dentro de la carta guarda una posición estratigráfica con facie lateral donde la parte superior de Olvido es equivalente a la base de la formación Zuloaga, sin embargo la literatura menciona que su contacto superior ha sido generalmente registrado de forma concordante con la Caliza Zuloaga (Goldhammer, 1999; Flores-Castillo, 2007) y discordante con la Formación Huizachal (Padilla y Sánchez, 1978). Por tal razón la base de los yesos Olvido se considera, como un cambio de facies con la parte inferior de

Formación Zuloaga. En ocasiones su contacto superior es concordante con la Formación La Caja o La Casita (CarrilloBravo, 1961; Padilla y Sánchez, 1978; López-Ramos, 1985; Huízar-Álvarez y Oropeza-Orozco, 1989; Flores-Castillo, 2007).

Por otra parte esta unidad se encuentra en contacto tectónico con las demás unidades por haliosinesis (diapirismo) proceso de acenso de los yesos por tener menor densidad y se mas plástica afecta atravesando a la secuencias superiores como es en caso de en el cual afecta secuencia que se encuentra arriba (Formación Zuloaga).

A esta unidad se le ha asignado edad del Oxfordiano tardío- Kimmeridgiano temprano con base a la presencia de amonitas del género *Dichotomosphinctes* (Imlay R. W; 1943, Carrillo B. J., 1971). En base a las relaciones de campo y columna estratigráfica, esta unidad es sobreyacida discordantemente por la Formación La Caja, al noreste de Puerto Dolores, sector centro de la carta.

Ha sido correlacionada con la parte superior de la Formación Zuloaga, en el noreste de México, así como con el miembro superior de la Formación La Gloria, al oriente de Durango, y con la Formación Tamán, en la huasteca potosina (Humphrey, W. E., Díaz, T., 2003).

El ambiente de depósito de la litofacies evaporítica de la Formación Olvido ha sido inferido como de tipo marginal-marino, con fases de regresiones breves pero significativas, dentro de un régimen de tendencia transgresiva. Por otro lado, la secuencia calcárea ha sido interpretada como un depósito bajo un régimen de rampa carbonatada (Goldhammer, R. K., 1999).

La presencia de yeso en esta formación representa un recurso potencial, sin embargo, no simboliza interés minero relevante al no presentar dimensiones de interés, para que fuera económicamente explotable.

Limolita-caliza (JkKbe Lm-Cz) Formación La Caja

Buckhardt, C., 1906, describió por primera vez a las rocas de esta unidad, sin embargo Imlay, R. W., 1938, es quien propone el término La Caja, ubicando su localidad tipo en la sierra La Caja, al norte de Mazapil, Zac.

Se encuentra distribuida en las fracciones centrales, en la sierra localizada al sur de la comunidad El Coyote; centro-noroeste, en la sierra La Tomita; y centro-sur, al oriente del Valle de San Julián; así como en una pequeña franja en la esquina noreste de la carta.

Está constituida por capas de lutita-limolita con intercalación de horizontes calcáreos y de fosforita, graduando a horizontes predominantemente terrígenos hacia su parte superior, dentro de los cuales es posible encontrar restos de amonites y concreciones calcáreas.

Esta unidad aflora en la sección levantada en el cuadrante sur de la carta, hacia el flanco suroeste de la sierra Las Vallas, localmente en las coordenadas UTM 14R 350379 E – 2711980 N. En este sitio se observa una secuencia de roca fosfórica de coloración negra a gris muy oscuro, de textura granular y oolítica, dispuesta en estratos de 0.05 a 0.1 m de espesor, de rumbo general N 51° W con echado 67° al SW, así como capas delgadas de caliza arenosa, se interestratifican con horizontes de limolita calcárea y de lutita con tonalidades violáceas, litología que hacia la cima de la unidad, incrementan su espesor, hasta llegar a formar amplios paquetes de hasta 5 m de grosor (**Fotografía 3**).



Fotografía 3.- Horizontes lutíticos en la parte superior de la Formación La Caja.

Un segundo afloramiento representativo de la Formación La caja, fue reconocido en el sector noroeste de la carta, a 3.7 km al sur de la ranchería La Esperanza, en las coordenadas UTM 14R 342983 E – 2730619 N, donde aflora una secuencia de caliza gris oscuro, de textura *wackestone* dispuesta en estratos de 0.5 m de espesor, de rumbo general N 19° W con echado de 52° al SW, con interestratificaciones de lutita y limolita de tonos gris y violáceo, entre los cuales se llegan a encontrar horizontes de fosforita (**Fotografía 4**).



Fotografía 4.- Horizontes de fosforita interestratificados entre capas de caliza, lutita y limolita en la Formación la Caja.

El espesor calculado para esta unidad varía de 80 a 120 m, Imlay, R.W. (1938), establece que su espesor varía de 40 a 90 m, mientras que Barboza, G. J. *et al.* (2004), mencionan que en la Sierra de Catorce, sector norte del estado de San Luis Potosí. Los afloramientos dentro de la carta de la Formación La Caja presentan espesores de 30 a 50 m, agregando que la ausencia de la totalidad de la unidad puede deberse a efectos tectónicos por deslizamiento durante el plegamiento, ya que no se alcanzó observar la base.

Esta unidad al sur del poblado, La Esperanza, en la cañada Santa Eduvigis se le estima 30 m y en la Cañada El Molino aproximadamente 60 m.

Cubre concordante a la caliza de la Formación Zuloaga, mientras que su contacto superior es concordante con la Formación Teraises.

La edad de la Formación La Caja fue inicialmente propuesta por Imlay, R. W. (1938), asignándole un rango del Tithoniano al Kimmeridgiano, sin embargo, Velasco, S. J., *et al.* (2004), en un estudio a mayor detalle, indican que, con base en los estudios realizados a amonites y calpionélidos encontrados en esta unidad, la edad corresponde al rango que varía del Kimmeridgiano tardío al Berriasiano temprano, misma edad considerada en este estudio.

Barboza, G.J., *et al.* (2004), correlacionan a la Formación La Caja con la Formación La Casita, del noreste de México.

Su ambiente de depósito es interpretado por Velasco, S. J. *et al.*, 2004, como de transición de ambientes

lagunares y someros a ambientes de facies de cuenca profunda.

Respecto a su interés económico-minero, la Formación La Caja reviste importancia ya que frecuentemente aloja horizontes de fosforita conformada por fluorapatito, determinado megascópicamente, así como con resultados de análisis químico y de difracción de rayos X, en muestras colectadas en minas abandonadas: La Esperanza, La Cañada, La Coyota, El Molino, El Molino Centro y El Molino Norte, ubicadas en el sector central noroeste de la carta, así como en otras localidades distribuidas en la esquina noreste de la misma.

Caliza-lutita (Kbeh Cz-Lu) Formación Taraises

Fue definida por Imlay, R. W. (1936), para calizas de edad Valanginiano, ubicadas estratigráficamente entre las formaciones La Casita y Las Vigas.

Su localidad tipo se ubica en el Cañón Taraises en la zona occidental de la Sierra de Parras Coahuila, quien la separa en dos grupos litológicos, el inferior consiste de caliza gris, el superior representado por caliza en estratos delgados y lutita en capas delgadas.

La Formación Taraises aflora en las porciones central, noroeste, centro sur y noreste de la carta, estando bien expuesta en la serranía localizada al sur de la comunidad El Coyote, así como en las Sierras La Tomita y Las Vallas.

Las rocas de esta unidad se componen de caliza-arcillosas, con interestratificación de marga y que hacia la cima predomina la interestratificación de lutita, en las cuales es común encontrar contenido de amonites.

En la sección levantada al sureste del cerro Las Vallas, a una distancia de 2.2 km al noreste del cerro La Cuchilla Quemada y en las coordenadas UTM 14R 350610 E – 2712190 N, aflora caliza de coloración gris claro en muestra de roca sana, que intemperiza a tono gris crema y rosáceo, de textura wackestone, estratificada en capas medianas de 0.20 a 0.30 m de espesor, de rumbo general N 67° W con echado de 58° al SW. Estas presentan intenso fracturamiento y vetilleo de calcita perpendicular a la estratificación, en los cuales es común encontrar impresiones de ammonoideos (**Fotografía 5**). Los horizontes de caliza se interestratifican con esporádicos horizontes de lutita gris a ocre, de espesores delgados.

El espesor de esta unidad se estimó en 180 m, mismos que están dentro de los rangos reportados por Imlay, R.W. (1940) y PEMEX (1988), quienes reportan una

potencia de 143 a 300 m y de 25 a 210 m, respectivamente.

Su contacto inferior es concordante con la Formación La Caja, mientras que hacia su techo, la Formación Cupido le sobreyace de la misma forma.

La edad de la Formación Taraises ha sido determinada con base en estudios micro y macro paleontológicos cubriendo un rango del Berriasiano al Valanginiano, pudiendo alcanzar hasta el Hauteriviano en algunas localidades (PEMEX, 1988).

Es correlacionable con las formaciones Fresnillo, en Zacatecas (Santamaría, O. D., *et al.*, 1990), Barril Viejo (Imlay, R. W., 1940; Tristán, G. M., *et al.*, 1992) y San Marcos, en Coahuila (Chávez, R. J., 2000).



Fotografía 5.- Capas de caliza arcillosa, intemperizada, de tonalidades claras y detalle de fauna ammonoidea de la Formación Taraises.

Se ha interpretado que el ambiente de depósito de esta unidad corresponde al de una plataforma externa de profundidad moderada (PEMEX, 1988), así como al de plataforma abierta en forma de rampa (Eguiluz de A. S., 1989).

Respecto a su importancia económica, la Formación Taraises no representa interés al no albergar manifestación mineral alguna dentro del área de la carta.

Caliza (Khaph Cz) Formación Cupido

Esta unidad fue originalmente propuesta por Imlay, R. W., 1937, con el nombre de Caliza Cupido, sin embargo, Humphrey, W. E., y Díaz, T., 2003, la redefinen de manera formal con el término de Formación Cupido. Imlay, R. W., 1937, ubica su localidad tipo en la pared

norte del Cañón del Mimbres, a aproximadamente 60 km al sureste de Parras, Coah.

Se encuentra ampliamente expuesta en los sectores central oeste y sur de la carta, principalmente en la sierra Las Vallas, también en el cuadrante noroeste, bordeando los flancos de las sierras La Tomita y Las Mazmorras; así como en la esquina noreste, en la sierra Santa Gertrudis, además de la porción oriental, oriental centro y esquina sureste, siendo una de las unidades con mayor distribución.

De manera general, la Formación Cupido consta de bancos calcáreos arrecifales, compuestos de caliza *mudstone* en estratos medianos a gruesos y masivos, con nódulos y lentes de pedernal gris a rojizo y esporádicos nódulos de hematita y marcasita.

En las coordenadas UTM 14R 351663 E – 2711327 N, en el cuadrante sur de la carta, flanco suroeste de la sierra Las Vallas, la Formación Cupido consiste de caliza de color gris oscuro en muestra sana, que exhibe tono gris claro al intemperismo, de textura *wackestone* con variaciones a *mudstone*, de estructura compacta, estratificada en capas medianas, de 0.30 a 0.50 m de espesor, de rumbo N 07° W con echado de 40° al SW, aunque, en algunos puntos, presenta horizontes masivos, con lentes y nódulos de pedernal gris claro,

además de pequeños nódulos de hematita y marcasita (**Fotografía 6**).



Fotografía 6.- Horizonte de mudstone gris claro con nódulos de pedernal gris, de forma irregular en la Formación Cupido.

De esta unidad se tomaron 4 muestras para estudio petrográfico, con el siguiente resultado (**Tabla 1**).

Mtras	X	Y	Clasificación	Origen	Microtextura
EC005	360709	2736325	Caliza mudstone	Sedimentario	Mudstone
EC063	363911	2728583	Caliza mudstone	Sedimentario	Esparítica
EC064	363911	2728583	Caliza mudstone	Sedimentario	Micritica Esparítica
EC065	363911	2728583	Caliza Recristalizada	Sedimentario	Recristalizada

Tabla 1

Regionalmente, en la cuenca Mesozoica del Centro de México, el espesor aproximado para esta unidad es de 450 m. Imlay, R. W. (1937), reporta, en su localidad tipo, espesor de 430 m, sin embargo en el área de Galeana, N. L., Humphrey, W. E., y Díaz, T. (2003), midieron una potencia de 553 m. En el área de la carta se estimó espesor de 350 a 400 m.

La Formación Cupido sobreyace transicional y concordantemente a la Formación Taraises, y a su vez la Formación Cupido es cubierta por la unidad La Peña.”

Su edad fue propuesta por Ángeles, V. M. *et al* (2005), con base en la presencia de los géneros de

foraminíferos *Conorotalites* (bentónico) y *Caucasella hauerivica* (planctónico), asignándole un rango del Hauteriviano tardío al Aptiano medio, misma edad considera en el presente trabajo.

La Formación Cupido es correlacionable con las formaciones Tamaulipas inferior, Padilla, La Mula y La Virgen, entre otras la Sligo en el sur de Texas, E.U.A Humphrey, W.E., y Díaz, T., 2003), y con la Formación Parritas, en Coahuila (Imlay, R. W., 1937)

El ambiente de depósito en su parte basal, está relacionado a zonas poco profundas en una plataforma somera con ciclos de carbonatos depositados en una área

protegida por un borde arrecifal, mientras que para la parte superior se interpreta un ambiente de aguas un poco más profundas, relacionado a cambios relativos en el nivel del mar (Lehmann, C., *et al.*, 1998, Humphrey, W.E., y Díaz, T., 2003).

Dentro del área de estudio esta unidad aloja mineralización de fluorita, cobre y hierro, determinada en estructuras mineralizadas reconocidas en las minas abandonadas La Violeta y San Isidro, que se localizan en el cuadrante suroeste de la carta. Asimismo aloja cuerpos de forma irregular y vetiformes, con mineralización de celestina (barita), los cuales están siendo explotados en la mina Santa Amalia, ubicada en la franja del límite oriental-centro de la carta.

Caliza-Lutita (Kap Cz-Lu) Formación La Peña

Esta unidad fue inicialmente propuesta por Imlay, R.W., (1936), en la sierra de Parras, Coah., posteriormente fue redefinida por Humphrey, W.E. (1949), en la sierra Los Muertos, cerca de Monterrey, N. L. Imlay, R.W. (1936), propuso su localidad tipo en el flanco occidental de la sierra de Parras, parte norte del cañón del Mimbres, en las proximidades de la hacienda La Peña, en el sur de Coahuila.

Su distribución dentro del área de la carta está estrechamente relacionada a la que guarda la Formación Cupido y que fue previamente mencionada, encontrándose principalmente en la sierra Las Vallas, hacia los sectores centro y sur de la carta; en el cuadrante noroeste, bordea los flancos de las sierras La Tomita y Las Mazmorras; así como en la esquina noreste, en la sierra Santa Gertrudis.

La Formación La Peña consta, de manera general, de caliza estratificada con lutita dispuesta en capas delgadas a medianas, en donde se observan bandas y lentes de pedernal negro.

En las coordenadas UTM 14R 352034 E – 2710578 N, en la ladera suroeste de la sierra Las Vallas, se presenta como una interestratificación de caliza *wackestone* de color gris claro en muestra de roca sana y de tono gris oscuro al intemperismo, estratificada en capas delgadas de 0.05 a 0.2 m de espesor, de rumbo N 57° W con echado 38° al SW, así como con bandas y lentes de pedernal negro que tienen espesor de 0.03 a 0.6 m (**Fotografía 7**), alternando con horizontes de lutita de coloraciones grisáceas y violetas, en capas de 0.1 a 0.15 m de espesor



Fotografía 7.- Secuencia de caliza, con lutita de estratificación delgada, en la Formación La Peña.

El espesor de esta unidad dentro del área de estudio, se estimó de 40 a 50 m. Cantú, C. A. (sin año), menciona que los espesores de la Formación La Peña son muy variables debido a hiatus no deposicionales en algunos sectores y a procesos de condensación estratigráfica en otros, variando su espesor de 15 a 170 m.

La Formación La Peña presenta contactos concordantes infra y suprayacentes con las formaciones Cupido y Aurora, respectivamente.

Su edad ha sido determinada con base en el contenido fosilífero de amonites del género *Dufrenoyia*, permitiendo restringir su edad al Aptiano (Cantú, C. A., sin año).

Esta unidad se correlaciona con el Horizonte Otates, representando un cambio lateral de facies hacia un ambiente de cuenca profunda (Tinker, S. W., 1985).

Se ha interpretado que la Formación La Peña representa un ambiente de depósito de aguas profundas de una zona batial a epibatial, sin embargo, las variaciones laterales que presenta respecto al control que se tenía por parte de los altos estructurales en el Cretácico temprano, tales como la isla de Coahuila (González, S. F., 2007) y la plataforma Valles San Luis Potosí (López, D. R., Navarro, M. A., 2007), permiten inferir un ambiente pericontinental de menor profundidad y de mayor influencia detrítica continental.

En la carta El Carmen la Formación La Peña no representa interés geológico-minero alguno, ya que no se encontraron estructuras mineralizadas o manifestaciones minerales alojadas en ella.

Caliza (Ka Cz-Do) Formación Aurora

Burrows, R. H. (1910), describe por primera vez esta unidad, definiéndola como una caliza de estratificación gruesa con nódulos de hierro y pedernal, y abundantes fósiles. Posteriormente, Humphrey, W. E., *et al.* (1956), presentan una descripción más detallada y ubican informalmente su localidad tipo en las cercanías de la mina Aurora, en la sierra Cuchillo Parado, ubicada en el municipio de Coyame del Sotol, noreste del estado de Chihuahua.

Esta unidad se distribuye dentro del área de la carta a la par de la Formación La Peña, encontrándose principalmente en la sierra Las Vallas en los sectores central y sur del área; en el cuadrante noroeste, bordea los flancos de las sierras La Tomita y Las Mazmorras y en la esquina noreste en la sierra Santa Gertrudis.

En la carta La Formación Aurora se presenta como un paquete calcáreo de no más de 50 m de espesor, constituido por caliza de estratificación media con esporádicos lentes de pedernal negro y restos de foraminíferos.

En el cuadrante suroccidental de la carta, a 1.7 km aproximadamente al suroeste de la localidad San Antonio de González, coordenadas UTM 14R 3400252 E – 2711523 N, aflora caliza de color gris oscuro en muestra de roca sana, con tonos gris claro al intemperismo, de textura *mudstone*, se presenta estratificada en capas de 0.15 a 0.3 m de espesor, moderadamente fracturada, las fracturas rellenas de calcita (**Fotografía 8**), con presencia esporádica de nódulos de pedernal negro.



Fotografía 8.- Caliza en capas medianas con fracturas rellenas de calcita, Formación Aurora.

Adicionalmente, en roca sana y parcialmente disuelta con ácido clorhídrico al de 10% de concentración, es posible identificar restos de foraminíferos con ayuda de un lente de aumento de 10x.

Esta unidad tiene un espesor máximo estimado de 40 m, observados en el sector suroeste de la carta, en la serranía ubicada al oriente de San Antonio de González, este mismo espesor concuerda con lo descrito por Humphrey, W. E., *et al.* (1956), para el área ubicada que se localiza entre los límites de Coahuila y Zacatecas.

Su relación estratigráfica es concordante y abrupta con la Formación La Peña, que le infrayace, y concordante y transicional con la Formación Cuesta del Cura, que le sobreyace.

De acuerdo a PEMEX (1988b) la edad de la Formación Aurora es del Albiano, determinada por la presencia de diversos foraminíferos, tales como *Dicyclina schlumbergeri*, *Orbitolina* sp., y *Colomiella mexicana*.

Esta unidad se correlaciona con facies lagunares de la Formación Acatita y con el Grupo Washita, en Coahuila (Humphrey, W. E. *et al.*, 1956), entre otras.

Por su litología y contenido faunístico, se interpreta que su depósito corresponde a un ambiente nerítico de aguas tranquilas y someras (Carrasco, S. B. *et al.*, 2000).

Respecto a su interés geológico-minero, no reviste importancia al no albergar manifestación mineral alguna.

Caliza-Lutita (Kace Cz-Lu) Formación Cuesta del Cura

Imlay, R. W. (1936), propone el término Caliza Cuesta del Cura para referir a una secuencia de caliza con intercalaciones de arcilla y bandas de pedernal, descritas al oeste de la sierra de Parras, Coah., donde propone su localidad tipo.

Aflora ampliamente en diversos sectores de la carta: en la porción central sur, bordea el flanco oriental de la sierra Las Vallas; en la esquina suroeste en las sierras Las Mesas y Las Mesitas; en la porción suroeste de la sierra Las Mazmorras, asimismo se cartografió en la serranía localizada en el cuadrante oriental de la carta y en la esquina noreste, hacia la sierra Santa Gertrudis.

De manera general, esta unidad está compuesta de una alternancia de caliza de estratificación ondulante, con bandas delgadas a medianas de pedernal negro e interestratificaciones de lutita y/o limolita.

Un afloramiento representativo de esta formación, es el que fue observado al suroeste de San Antonio de González, en las coordenadas UTM 14R 339491 E – 2712353 N, consiste de caliza de color gris oscuro en muestra sana, con tono gris claro al intemperismo, de textura *wackestone*, moderadamente fracturada, se presenta en capas de 0.1 a 0.2 m de espesor, así como bandas y lentes de pedernal negro (**Fotografía 9**), con estructura ondulante tipo *pinch and swell* a causa del tectonismo asociado, interestratificados se observan horizontes de lutita de tonalidad violácea con espesores de 0.05 a 0.1 m.

Dentro del área estudiada esta unidad presenta espesor que varía de 100 a 250 m. Imlay, R. W. (1936), midió un espesor de hasta 70 en su localidad tipo, mientras que Barboza, G. J. *et al.* (2004), reportan un estimado de hasta 150 m en la Sierra de Catorce al norte del estado de San Luis Potosí.



Fotografía 9.- Estructura *pinch and swell*, en caliza con bandas y nódulos de pedernal negro, e interestratificaciones de lutita. Formación Cuesta del Cura.

La Formación Cuesta del Cura descansa concordante sobre la Formación Aurora, mientras que su contacto superior con la Formación Indidura, también es concordante.

Con base en su contenido fosilífero y posición estratigráfica, esta unidad representa una edad del Albiano al Cenomaniano (Barboza, G. J. *et al.*, 2004; PEMEX, 1988).

La Formación Cuesta del Cura supone relaciones correlativas con la porción superior de la Formación Tamaulipas Superior (Barboza, G. J. *et al.*, 2004), asimismo guarda relación con las formaciones

Georgetown, Del Río y Buda, del Grupo Washita, en el sur de Texas, E.U.A. (Arvizu, G. I., 2006).

El depósito de esta formación está vinculado a un ambiente nerítico profundo, con buena oxigenación y con aporte constante de sedimentos terrígenos (Barboza, G. J. *et al.*, 2004).

Respecto a su importancia geológico-minera, la Formación Cuesta del Cura reviste interés al albergar una veta de calcita en la mina abandonada La Zanja.

Caliza-lutita (Kcet Cz-Lu) Formación Indidura

La Formación Indidura fue propuesta por Kelly, W. A. en 1936, para describir a una secuencia de rocas aflorantes al sureste de Delicias, Coah., a 8 kilómetros al norte del Tanque Toribio en la sierra de Santa Ana, consistente de limolita, capas delgadas o laminares de lutita y caliza lajeadas.

Esta unidad se observa ampliamente distribuida en los flancos de la mayoría de las serranías ubicadas en la carta, como en la porción noreste de la sierra Las Vallas al centro y parte central sur de la carta; asimismo en los bordes oriente y sur de la sierra Atomita, al norponiente del área de estudio.

La Formación Indidura se compone, generalmente, de estratos delgados a medianos de caliza arcillosa con bandas delgadas de pedernal negro que se interestratifica con lutita laminar. Adicionalmente, las rocas de esta unidad presentan restos de bivalvos del género *Inoceramus labiatus*.

Su litología consta, tal como pudo observarse en la sección levantada en la porción suroeste de la carta, localmente en las coordenadas UTM 14R 339348 E – 2714203 N, a 1.5 km al noroeste del poblado de San Antonio de González, en donde se observa una secuencia de lutita de coloración gris en muestra de roca sana, que intemperiza a tonalidades rojizas, es de estratificación laminar a delgada, dispuesta en capas de 0.02 a 0.1 m de espesor, moderada a intensamente fracturadas, se interestratifican con horizontes de caliza delgada y arcillosa de coloración gris crema, dispuesta en capas que tienen espesor máximo de 0.1 m, de rumbo N 22° W con echado de 42° al SW (**Fotografía 10**).



Fotografía 10.- Lutita lajeada y caliza delgada de aspecto arcilloso en la Formación Indidura.

Esta unidad presenta espesores variables, observándose de 80 a 100 m en la fracción suroccidental y de 150 a un máximo de 200 m hacia las porciones centrales de la carta. Bustos, G. L. *et al.* (2010), reportan que esta formación no sobrepasa los 50 m de espesor en la carta adyacente El Canelo (G14-C75), colindante al sur del área del presente estudio.

Descansa concordante y transicional sobre la Formación Cuesta del Cura, mientras que la Formación Caracol le sobreyace de la misma manera.

La edad de esta unidad es Cenomaniano-Turoniano, propuesta por Kelly, W. A. (1936), misma edad reportada por Barboza, G. R. *et al.* (2004), con base en su posición estratigráfica y contenido de *Inoceramus labiatus*.

La Formación Indidura es correlacionable con las formaciones Eagle Ford y Agua Nueva, del noreste de México, de las provincias del golfo de Sabinas y Sierra Madre Oriental (Barboza, G. R. *et al.*, 2004, Ramírez, G. J., 2011), respectivamente, asimismo se correlaciona con la Formación Soyatal, de la plataforma Valles-San Luis Potosí (Barboza, G. R. *et al.*, 2004).

Se considera que las rocas de esta unidad se depositaron en ambientes de aguas someras a aguas lodosas de profundidad moderada (Imlay, R. W., 1936). Por su parte, Barboza, G. R. *et al.*, 2004, interpretan un medio batial a sublitoral de cuenca, con depósito de caliza y materiales terrígenos bajo condiciones reductoras.

Dentro del área de la carta, esta unidad no representa interés geológico-minero alguno al no alojar estructuras mineralizadas.

Arenisca-Lutita (Kcom Ar-Lu) Formación Caracol

Esta unidad fue propuesta por Imlay, R. W. (1936), para referir una serie de rocas compuestas por tobas desvitrificadas, lutita y caliza, descritas en las inmediaciones de la sierra San Ángel, cerca de Parras, Coah.

En el área de la carta, la Formación Caracol aflora ampliamente, de norte a sur, hacia los costados de la mayoría de las serranías que se observan dentro de la carta, formando el núcleo de estructuras sinclinales, tal como se observa en el flanco noreste de la sierra Las Vallas en los sectores sur y central sur de la carta; así como en el núcleo del sinclinal El Barrosito, en la porción occidental del área de estudio.

La Formación Caracol se constituye esencialmente de una alternancia tipo *flysch* compuesta de horizontes de caliza, arenisca y lutita, de coloraciones marrón y ocre que en ocasiones se encuentran inter estratificadas con horizontes de margas y arcillas.

En las coordenadas UTM 14R 335737 E – 2722582 N, en la sección levantada a 1.9 km al noreste de la comunidad El Barrosito, cuadrante poniente de la carta, se observó arenisca calcárea de color gris en muestra de roca sana, que varía a tonalidad ocre al intemperismo (**Fotografía 11**), es de textura de grano fino a medio, constituida esencialmente por fragmentos líticos y cuarzo, soportada por cementante calcáreo, dispuesta en estratos de 0.1 a 0.2 m de espesor, de rumbo N 25° W con echado 80° al NE, con interestratificaciones de lutita de tonalidad rosada, en horizontes de 0.10 a 0.15 m de espesor, intensamente fracturada y en partes deleznable.

El espesor aproximado para esta unidad es relativo, al no observarse su límite superior, sin embargo, se estima un mínimo aproximado de 400 m, observados en la región occidental de la carta, en el sinclinal recumbente El Barrosito.



Fotografía 11.- Panorámica de la secuencia siliciclástica de la Formación Caracol, al noreste de la ranchería El Barrosito.

La Formación Caracol descansa concordante y transicionalmente sobre la Formación Indidura, su límite superior no se determinó debido muy probablemente a que está erosionado, es cubierta parcialmente, de manera discordante, por depósitos conglomeráticos del Eoceno, así como por sedimentos clásticos recientes

Esta unidad representa una edad Coniaciano-Maastrichtiano, fundamentada por los estudios de estratigrafía de la República Mexicana, realizados por PEMEX (1988b).

Es correlacionable con las formaciones Austin y San Felipe, del norte y noreste de México (Santiago, C. B. *et al.*, 2000).

De acuerdo a PEMEX (1988b), el ambiente de depósito corresponde al de un *flysch* progresivo que evolucionó como relleno en zonas de antifosa, asociado a frentes deltaicos, en facies que varían de plataforma a plataforma externa.

Esta unidad en la carta no hospeda manifestaciones minerales que le confieran algún interés económico, esta unidad es excelente banco para obtener balastre.

Conglomerado polimíctico - Arena (Te (?) Cgp-Ar)

En la carta y cartas adyacentes, esta unidad no ha sido definida formalmente. Consiste de conglomerado polimíctico mal clasificado, bien cementado, constituido por clastos de diferente granulometría y composición, el cual se presenta en capas gruesas, basculadas, cubriendo parcial y discordante a toda la secuencia antes descrita, principalmente las formaciones Caracol, Indidura y Cuesta del Cura.

Se encuentra expuesto en el sector suroeste de la carta, en las cercanías de la ranchería San Isidro de González, donde morfológicamente forma lomeríos de baja altura, de topografía suave, también se expone en el sector sur central y esquina noreste.

En las coordenadas UTM 14R 342788 E – 2711712 N, a 2.7 km al sureste de San Antonio de González, el conglomerado polimíctico exhibe tonalidades rojizo-anaranjadas y grises, está constituido por fragmentos subredondeados a redondeados de caliza, pedernal, arenisca y lutita, de moderada a baja esfericidad, de tamaño que varían de 0.02 a 0.25 m de diámetro, mal clasificados, soportados por cementante calcáreo. Las capas son de 0.80 a 1 m de espesor, se presentan basculadas (**Fotografía 12**). El rumbo general de la estratificación es N 08° W con echado de 26° al NE.



Fotografía 12.- Conglomerado polimíctico dispuesto en capas con ligero basculamiento. Sureste de San Antonio de González.

Esta unidad presenta un espesor máximo de 40 m, estimado en los lomeríos ubicados inmediatamente al norte de San Isidro de Berlanga.

Descansa discordante sobre toda la secuencia estratigráfica antes descrita principalmente sobre la secuencia de caliza, lutita-arenisca de la Formación Caracol, Indidura, Cuesta del, mientras que su contacto superior no está definido o se encuentra erosionado, es cubierto discordantemente por conglomerado – grava.

Con base en su posición estratigráfica, y que además se presenta estratificado en capas gruesas, bien cementado se infiere que esta unidad representa una edad incierta del Eoceno (?), debido a que no contiene fósiles que permitan datarla con mayor precisión y por

encontrarse sobrepuesta a la Formación Caracol, del Cretácico superior.

Se correlaciona con los depósitos conglomeráticos de la Formación Ahuichila, aflorante en los estados de Zacatecas, Coahuila y Durango (Rogers, C. L., *et al.*, 1961), de edad Paleoceno-Eoceno temprano, asimismo con la parte basal de los depósitos continentales de la Formación Cenicera, la cual, según Labarthe, H. G., *et al.*, (2008), se presenta basculada y sobreyaciendo en discordancia angular a la Formación Caracol en el campo volcánico de San Luis Potosí y en pequeñas porciones aisladas a lo largo de la cuenca Mesozoica del Centro de México, siendo datados con una edad de 45.1 ± 1.1 Ma, correspondiente al Eoceno.

El ambiente de depósito de esta unidad puede ser relacionado al del Conglomerado Ahuichila, depositándose a manera de molasa continental en cuencas endorreicas pequeñas, discordantes sobre los sedimentos mesozoicos marinos, plegados y levantados por acción de movimientos orogénicos.

En tanto a su interés geológico-minero estos depósitos no se relacionan con manifestación mineral alguna, su posible uso se tiene como bancos de material.

Conglomerado Polimíctico (Tmpl Cgp)

De acuerdo con SGM (2000). Esta unidad es descrita en la carta Concepción de Oro G14-10, escala: 1:250,000. Esta unidad informal consiste de material continental conglomerático, mal clasificado expresándose con topográfico en lomeríos arredondados suaves y alargados. Localizándose en las parte baja al noroeste de la sierra Santa Gertrudis, esta unidad se distribuye en el sector suroeste de la carta, y cubre parcialmente los flancos oriente y poniente de los cerros Santa Isabel y Peñascudo.

La distribución de los mejores afloramientos de esta unidad dentro de la carta el Carmen se observan en las porciones: noreste hacia el sector noroeste de la estructura de tipo Anticlinal recumbente Santa Gertrudis, localmente en el flanco suroeste de dicha estructura. También se tiene afloramientos de esta unidad en la porción suroeste hacia ambos flancos del anticlinal El Halcón, localmente hacia el suroeste de la estructura a inmediaciones del poblado Guadalupe de las Mitras, y hacia el noreste de la misma estructura a inmediaciones del poblado San Isidro de Berlanga.

El Conglomerado polimíctico está constituido por clastos subredondados a subangulosos, aunque esporádicamente llega a presentar clastos bien

redondeados, con tamaño variable desde 2 cm llegando a medir hasta 25 cm de diámetro, en ocasiones de mayor tamaño, los fragmentos son de roca caliza, arenisca, pedernal, lutita y pedacera de fósiles de distintas unidades, soportados por una matriz calcárea arcillosa no consolidada y mal cementado, su contacto inferior es discordante con la Formación Caracol, se observa de manera discordante con el coluvión en las partes llanas.

Dentro de la carta en el sector centro sur, al noreste de la loma La Pileta, su contacto inferior sobreyace discordantemente y de manera indiferencia a unidades como Zuloaga, Olvido y La Caja del Jurásico superior, en la esquina noreste a rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior, de las formaciones Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, mientras que para su contacto superior subyace de manera discordante a depósitos de Terciario al Plioceno al Cuaternario Holoceno como conglomerado polimíctico y gravas poco consolidadas de la unidad (TplQpt Cgp-gv), además del material no consolidado de grava y arena del Holoceno (Qho gv-ar).

De acuerdo a su posición estratigráfica observada en campo se le asignó una edad de un rango que va del Terciario Mioceno Plioceno. A estos conglomerados se les correlaciona con los conglomerados polimícticos de la Formación Ahuichila, localizada en el norte de Zacatecas.

Su origen es continental generado por la denudación y erosión de las rocas preexistentes.

Esta unidad en el cerro El Peñascudo se le estima 40 m, al sureste del poblado San Isidro de Berlanga.

Este material, localmente es utilizado como balastre para el revestimiento de caminos de terracería.

Lacustre (Tom Qho la)

De acuerdo a los trabajos de cartografía del SGM (2010 y 2013) esta unidad se le asigna la clave (Qho la) y se describió de manera informal, determinando que está constituida por una secuencia de sedimentos lacustres conformados por limo, arcilla, arena y algunos guijarros, e intercalaciones de yeso.

Esta unidad aflora en el sector sureste de la carta, sobre una extensa llanura de 19 km² aproximadamente.

Consiste de material yesífero, intercalado con limo, arcilla, arena y algunos guijarros. Los depósitos de yeso litológicamente son de color café oscuro en superficie

fresca, e intemperiza en tonos café claro a blanquecino, estructura semicompacta, cementante arenoso, minerales presentes yeso, calcita y cuarzo, con fragmentos de caliza, arenisca, arcillas y presencia de fragmentos de pedernal. Dichos yesos se intercalan con depósitos delgados y lenticulares de manera indiferenciada de limos arcillas y arena. Geomorfológicamente conforma amplias llanuras semiplanas con zonas de cárcavas (**Fotografía 13**).

El espesor de esta unidad se desconoce, al no observarse su base o contacto inferior con la unidad que le subyace, sin embargo, se estima un mínimo aproximado de 12 metros, correspondientes con los que reportan Bustos, G. L. *et al.* (2010), en la carta geológico-minera adyacente al sur, El Canelo, (G14-C75).



Fotografía 13.- Panorámica de los depósitos lacustres. Sector sureste de la carta.

Es cubierta parcialmente por depósitos clásticos recientes grava y arena del Holoceno, mientras que su relación infrayacente se desconoce.

De acuerdo con lo descrito en la carta El Canelo G14-A75 (2010) y en base a las relaciones de campo y posición estratigráfica se le asigna una edad del Oligoceno hasta el Holoceno

Se correlaciona con los depósitos lacustres reportados por Romo, R. J. *et al.* (2013), en la carta geológico-minera San Ramón de Martínez (F14-A16), ubicada en la porción sur del estado de Nuevo León.

Se interpreta que el ambiente de depósito de los sedimentos lacustres corresponde a cuencas endorreicas formadas posteriormente a una fase extensiva del tipo de sierras y cuencas, en las que se produjeron fallamientos de tipo normal y levantamientos de bloques.

Esta unidad reviste interés económico, una muestra de esquirlas reportó 96.21% de CaSO_4 , por consiguiente es susceptible de contener mineralización yesífera.

Conglomerado polimíctico-grava (TplQpt Cgp-gv)

De manera informal, esta unidad corresponde a una secuencia de sedimentos clásticos variablemente consolidados, que conforman los depósitos de pie de monte o que se localizan en los bordes de las sierras.

La fracción de conglomerado polimíctico está compuesta por clastos subangulosos y subredondeados de caliza, pedernal y arenisca, de variable granulometría, mal clasificados, irregularmente consolidados, soportados por una matriz arenosa, y eventualmente cementados por material calcáreo, lo cual les confiere una estructura semicompacta a compacta (**Fotografía 14**). Se presenta abanicos aluviales al pie de las sierras con pendiente suave.



Fotografía 14.- Clastos de diferente composición inmersos en cementante calcáreo, en la fracción de conglomerado polimíctico de la unidad TplQpt Cgp-gv.

La grava está constituida por acumulaciones de fragmentos de diferente granulometría y composición, sin consolidar.

El espesor estimado de esta unidad varía de 1 a 4 m, aproximadamente. Como se observa en la cañada la China, al noreste de la comunidad San Antonio de Gonzales.

Infrayace a los sedimentos clásticos del Holoceno, mientras que su contacto inferior es cubriendo parcial y discordante a las secuencias sedimentarias mesozoicas, además de las rocas clásticas del Eoceno.

Su depósito se relaciona a la erosión de las rocas que conforman las serranías de la carta, y su posterior sedimentación y acumulación en los bordes de éstas sierras.

Este material en algunas porciones, puede ser aprovechado como balastre en el relleno de caminos.

Coluvión (Qho co)

Bates y Jackson (1980) definen un coluvión como una masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos, de suelo o fragmentos de roca depositados por lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento, los cuales comúnmente se depositan en la base de las laderas. El coluvión típico es una mezcla de fragmentos angulares y materiales finos. Los coluviones generalmente consisten de mezclas heterogéneas de suelo y fragmentos de roca que van desde partículas de arcilla hasta rocas de varios metros de diámetros, se les encuentra a lo largo de las partes bajas de los valles o a mitad de talud, formando áreas de topografía ondulada, mucho más suave que la de las rocas que produjeron los materiales de coluvión.

Dentro de la carta se distribuye en las porciones noroeste en su esquina limítrofe, centro oeste y suroeste hacia el límite oeste además en la porción noreste y centro este, hacia su límite este, localmente al poniente de la Ranchería El Compromiso, al poniente de la localidad el Barrosito, al este de la loma la flechada y cerro El Siete Bocas

Está formado por clastos de arenisca, caliza y pedernal, de tamaño de guijarros, arena, gravilla y gravas, predominando los clastos más finos. Estos se originan como productos del intemperismo de las rocas que afloran y han sido arrastradas a las zonas de depósito.

Su espesor estimado es de 2 m a 4 m, en el arroyo Los Magueyes, al noreste del cerro El Divisadero, en la esquina noroeste.

De acuerdo a su posición estratigráfica se le asignó una edad del Cuaternario Holoceno.

Se encuentra sobreyaciendo discordantemente a toda la secuencia sedimentaria anterior descrita y subyace discordantemente a conglomerado-grava.

Estos se depositaron en un medio ambiente terrígeno fluvial, el cual fue originado por la acción del intemperismo en las rocas preexistentes y existentes.

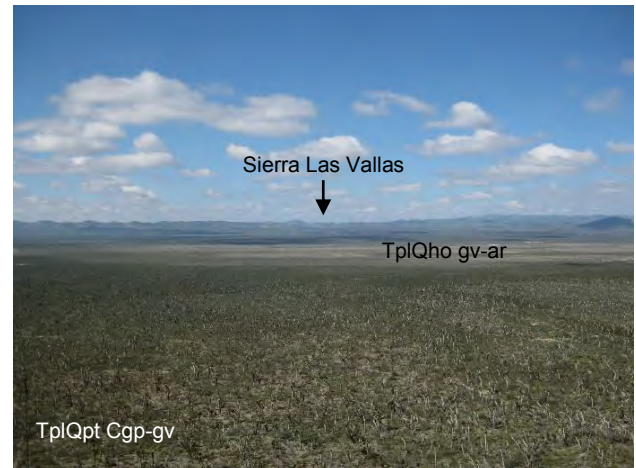
Dentro del área de estudio se utiliza generalmente como banco de material para la reparación de caminos locales.

Grava-arena (Qho gv-ar)

Con esta clave cartográfica se definen informalmente, a los depósitos clásticos acumulados en las porciones de topografía baja y llana dentro de la carta, conformados por fragmentos líticos con granulometría de grava, arena y arcilla, que se encuentran relleno extensos valles.

Esta unidad está conformada por fragmentos de granulometría fina a gruesa (arcilla, limo y arena), además de grava compuesta por fragmentos de caliza y arenisca, principalmente, y sin consolidar.

Se encuentran como material de relleno en la parte superior de las cuencas intermontanas ubicadas de las porciones sureste hacia el centro-norte, así como en los valles que se localizan en los sectores central sur y suroeste de la carta, incluyendo los suelos de uso agrícola (**Fotografía 15**).



Fotografía 15.- Panorámica de los depósitos de grava-arena, que rellenan los valles intermontanos.

Se le estima espesor máximo de 4 metros, como se observa en el borde El Chiquillo en las inmediaciones de la ranchería San Jorge.

Este material cubre discordantemente a todas las unidades anteriormente descritas hacia las partes bajas topográficamente de la carta, valles inter-montañas, al sur de la localidad La Esperanza en el arroyo Santa Eduvigis, este material cubre parcialmente a las formaciones Zuloaga, La Caja, Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol. Asimismo en la parte centro oriente de la carta cubre a la unidad (TplQpt

Cgp-gv), En el sector suroeste al poniente del poblado El Barrosito cubre discordantemente a la unidad coluvión.

Con base en su posición estratigráfica y a las relaciones de campo se le asigna edad del Holoceno.

Su interés minero radica en que, en algunas porciones, el material puede ser aprovechable en el revestimiento de caminos locales.

Aluvión (Qho al)

Bates y Jackson (1980) define a los aluviones como material detrítico transportado por un río y depositado, casi siempre de forma temporal, en puntos a lo largo de llanuras de inundación, estos están normalmente compuestos por arcillas, arenas y grava, depósitos aluviales. Son materiales transportados y depositados por flujo de agua, su tamaño empieza desde las rocas hasta las gravas gruesas, cantos y bloques y estos tipos de suelos o rocas presentan bordes redondeados y se distribuye en forma de capa mineral sedimentaria y son muy anisotrópicos.

Esta unidad se encuentra distribuida ampliamente hacia las esquinas limítrofes de las porciones noroeste, suroeste, noreste centro este y sureste de la carta, como se observa en las inmediaciones de los poblados El Compromiso, San Juan de Dios. Loma el Huérfano, Las Fuentes (San Jorge Viejo) y Salinas del Refugio, cubriendo unos 08%, de la superficie; dichas porciones en las partes bajas cubre discordantemente al coluvión al noreste y sur del poblado San Juan de Dios, en la esquina noroeste al sur de la rancharía El Compromiso cubre a la unidad de grava – arena,

Esta unidad está conformada por depósitos mal consolidados mal consolidados de fragmentos arredondeados a subredondeados, de diferente granulometría mezclada como arena, arcilla y limo que, ocurren generalmente en las márgenes de arroyos y valles de inundación.

Su espesores variable, desde unos cuantos centímetros hasta 1 a 3 m.

En relaciona a yacimientos minerales, en esta unidad no se detectaron concentraciones de mineral de interés económico, no obstante su rendimiento económico radica en que los depósitos de aluvión son aprovechados para obtener materiales utilizados en la industria de la construcción, como arena y grava.

III.3. Tectónica

La evolución tectónica del noreste de México está relacionada a la apertura del golfo de México, derivada

del rompimiento de Pangea, durante el Triásico tardío al Jurásico medio (Michalzik, D., 1991, Centeno, G. E., 2005). Esta deformación de tipo extensional provocó la generación de bajos estructurales, asociados a fallamiento normal, los cuales controlarían los procesos de sedimentación durante este tiempo (Padilla, S. R., 1982; 1986).

Asociado a esta etapa de *rifting* y a la actividad ígnea que acompañó al fallamiento intracontinental (Pindell, L. J., 1982), las primeras unidades sedimentarias en depositarse en el noreste de México corresponden a una secuencia continental de capas y lechos rojos del Grupo Huizachal durante el Triásico tardío al Jurásico temprano, consecuencia de una etapa de subsidencia y erosión de los altos estructurales y al posterior depósito de los fragmentos clásticos en abanicos aluviales y planicies deltaicas (Salvador, A., 1987; Michalzik, D., 1991).

Posteriormente, la evolución tectónica de la cuenca Mesozoica del Centro de México, a partir del rompimiento de Pangea y la apertura del golfo de México durante el Triásico tardío-Jurásico medio, ocurrió sobre una zona en la que anteriormente se habían depositado sedimentos marinos del Paleozoico y del Triásico superior, la cual estuvo emergida durante el Jurásico temprano y medio (Carrillo B. J., 1971).

En el Jurásico medio y tardío se inicia una rápida apertura del golfo de México, abriendo paso a un largo período de transgresión marina, lo cual favorecería la instauración de ambientes moderadamente pasivos y marinos, iniciándose el depósito de secuencias calcáreas y evaporíticas, y, hacia los márgenes de los altos estructurales aún emergidos, terrígeno-calcáreas (Rogers, C. L., *et al.*, 1957; Pindell, J. L., 1985, Salvador, A., 1991).

Las condiciones tectónicas prevalecieron constantes en el Jurásico tardío y Cretácico temprano (Nieto, S. A. *et al.*, 2005), siendo las necesarias para el depósito y acumulación de un amplio paquete de rocas carbonatadas y sedimentos marinos sobre la cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo, B. J., 1971), asociados a una gradual subsidencia causada por el enfriamiento de la corteza oceánica del golfo de México (Goldhammer, R. K., 1999).

En el Cretácico tardío, un cambio en el ángulo de subducción de la paleoplaca Farallón por debajo de la placa Norteamericana es causa del inicio de la orogenia Laramide (Eguiluz de A., S., *et al.*, 2000; Nieto, S. A., *et al.* 2005). A este evento se atribuye el cambio de ambientes marinos a mixtos, depositándose secuencias terrígenas a causa de regresiones marinas (Centeno, G.

E., *et al.*, 1997), asimismo se le relaciona con la formación de la Sierra Madre Oriental, cuyo relieve se debe a la deformación de las rocas mesozoicas, las cuales fueron levantadas, comprimidas y transportadas tectónicamente hacia el noreste, formando pliegues y cabalgaduras (Eguiluz de A., S., *et al.*, 2000).

En este sentido, la Sierra Madre Oriental constituye un cinturón de pliegues y cabalgaduras producidas por esfuerzos no coaxiales de suroeste al noreste durante el Cretácico tardío al Eoceno, a causa de la orogenia Laramide (Eguiluz de A., S., *et al.*, 2000, PEMEX, 2013).

A causa de los movimientos orogénicos se acumula una pila de sedimentos en el frente de la Sierra Madre Oriental, la cual sufriría fallamiento y levantamiento extensional debido a la reactivación de fallas antiguas del basamento, ocasionado por el mismo mecanismo de bajo ángulo de subducción de la paleoplaca Farallón (Eguiluz de A., S., *et al.*, 2000; Chávez, C. G., 2005).

La tectónica subductiva continúa hasta consumirse en su totalidad la paleoplaca Farallón, lo cual traería consigo la interacción de una zona de dorsal con la fosa de subducción, dando paso a una fase distensiva caracterizada por fallamiento normal (Atwater, T., 1970). Asimismo, al cesar los esfuerzos compresionales laramídicos en el Paleoceno, se tiene una fase de reacomodo distensivo, dando origen a fallas normales de dirección norte-sur y noroeste sureste, probablemente ubicadas sobre los planos de cabalgadura previamente generados durante la orogenia.

Asociado a la dinámica extensional, durante el Eoceno y hasta el Mioceno, se abre paso una intensa actividad ígnea, que traería consigo el emplazamiento de cuerpos plutónicos aislados (Chávez, C. G., *et al.*, 2005).

En la actualidad las condiciones tectónicas permanecen estables, favoreciendo el depósito de sedimentos clásticos en cuencas y valles.

III.4. Geología estructural

La carta El Carmen presenta un arreglo estructural dominado por la presencia de estructuras de origen compresivo, principalmente anticlinales y sinclinales de rumbo general NW-SE, con vergencias hacia el noreste y al suroeste, asimismo fallas laterales, tanto de componente dextral como sinistral las cuales cortan de manera perpendicular a los plegamientos antes mencionados, al igual que un sistema de fallamiento de tipo normal que delimita zonas de baja topografía (**Figura 7**).

III.4.1. Descripción de las estructuras

Las características principales de las estructuras que se encuentran dentro del área de estudio, tales como nombre, ubicación, tipo, longitud, y datos de rumbo y echado, se describen en las tablas **2, 3, 4 y 5**.

III.4.1.1. Deformación dúctil

Este tipo de deformación es distinguible en la fracción arcillosa de la Formación Caracol, la cual se caracteriza por presentar un incipiente clivaje, así como en la Formación Olvido, en la que se observan numerosas laminaciones con microplegamientos con vergencias variables, a causa de la alta plasticidad de las capas yesíferas.

III.4.1.2. Deformación dúctil-frágil

Las principales estructuras que corresponden a la deformación dúctil-frágil (**Tabla 2**) son anticlinales y sinclinales cuyos planos axiales presentan inclinaciones hacia el suroeste, debido al empuje tectónico ocasionado por los esfuerzos compresivos de la orogenia Laramide.

Sin embargo, contrario a la dirección de los esfuerzos laramídicos, existen estructuras cuyo plano axial presenta inclinaciones hacia el suroeste, como se determinó en el sinclinal El Barrosito y en los anticlinales El Carnero y Santa Gertrudis. Esta dirección de vergencia opuesta obedece probablemente a un contraesfuerzo generado por un área de basamento somero que se ubica al oriente del área de la carta (Padilla y S. R., 1982).

Asimismo se tiene la presencia de zonas donde el esfuerzo compresivo fue mayor al límite de plasticidad de las rocas, dando paso a fallas inversas o cabalgaduras, así como puede observarse en las fallas Las Mesas 2, El Chivero y Santa Eduvigis (**Tabla 3**).

III.4.1.3. Deformación frágil

Esta deformación se relaciona al fallamiento lateral que acompaña y corta perpendicularmente a las estructuras compresivas generadas durante la orogenia Laramide, tal y como puede observarse en las fallas El Corral, El Arroyo, Los Piloncillos y El Cañón, de componente sinistral, o en las fallas Las Minas, Dolores y San Antonio, de carácter dextral (**Tabla 4**). Adicionalmente, el posterior relajamiento tectónico traería consigo una fase extensiva que generaría fallas de tipo normal (**Tabla 5**).

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

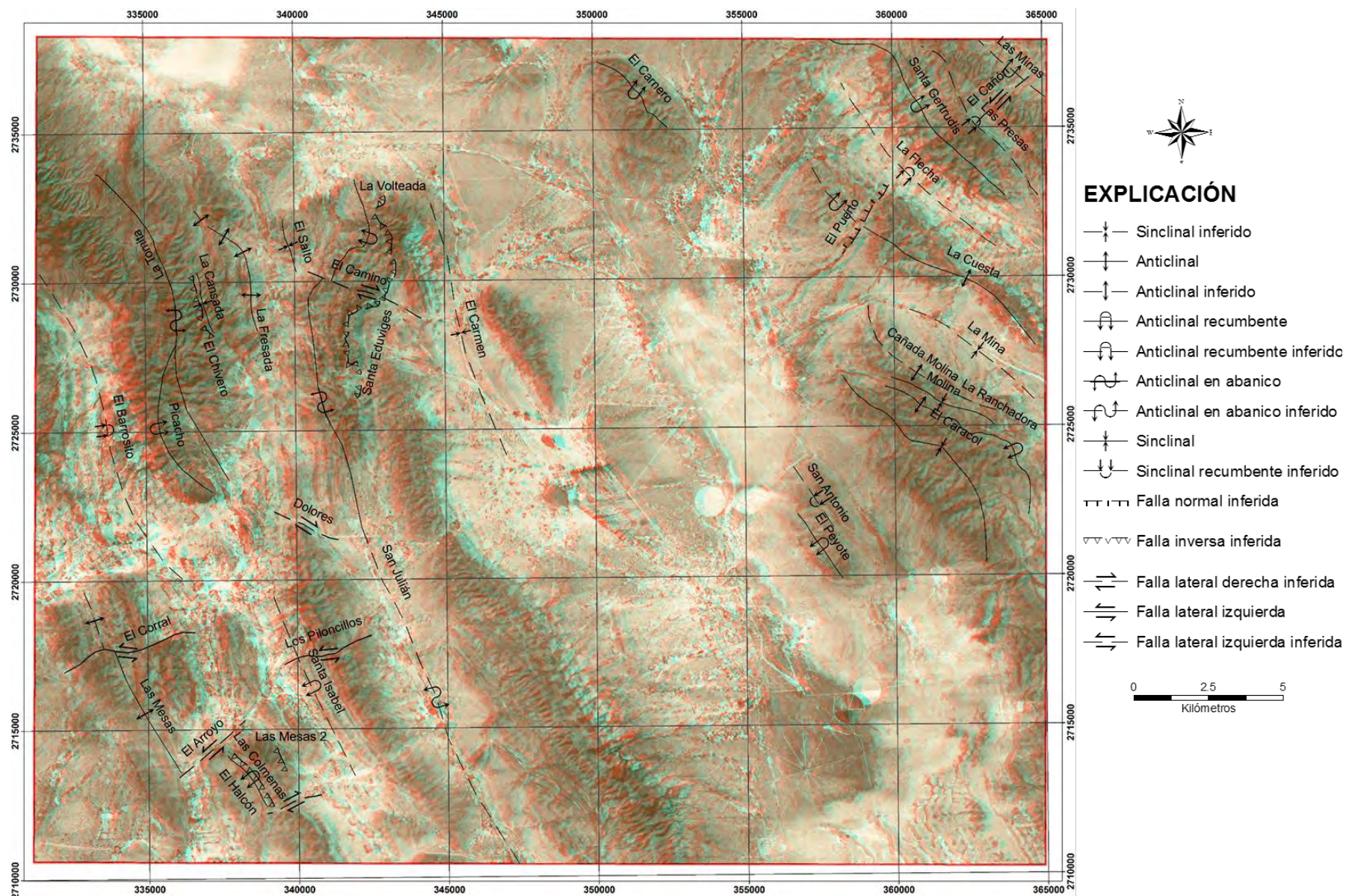


Figura 7.-Esquema estructural

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

Nombre	Tipo de estructura	Coordenadas		Localización (sector)	Rumbo	Longitud (km)	Unidades afectadas
		X	Y				
El Halcón	Anticlinal recumbente	338407	2713370	Suroeste	N 36° W	2.2	Khap Cz
Las Mesas	Anticlinal	335139	2716859	Suroeste	N 26° W	3	Khap Cz
El Barrosito	Sinclinal recumbente inferido	333942	2723901	Oeste	N 12° W	11.46	Kcom Ar-Lu
La Tomita	Anticlinal en abanico	335606	2730579	Noroeste	N 20° W	11.61	Jo Cz
La Cansada	Sinclinal	336932	2729278	Noroeste	N 16° W	2.1	Kcom Ar-Lu
La Fresada	Anticlinal	338025	2729985	Noroeste	N 14° W	6	Kbeh Cz-Lu, Jo Cz
San Julián	Anticlinal en abanico	340987	2726319	Centro	N 20° W	23.5	Jo Cz
El Carnero	Anticlinal recumbente	351448	2736303	Norte	N 45° W	3.2	Kbeh Cz-Lu, Khap Cz
El Peyote	Anticlinal recumbente	357307	2721232	Centro-Sureste	N 35° W	2	Khap Cz, Kap Cz-Lu, Kace Cz-Lu
El Caracol	Sinclinal	360271	2724736	Este	N 54° W	3.8	Kcom Ar-Lu, Kcet Cz-Lu
El Salto	Sinclinal	340000	2730490	Noroeste	N 70° W	1.85	Kace Cz-Lu, Ka Cz-Do, Kap Cz-Lu, Khap Cz
La Ranchadora	Anticlinal recumbente	360706	2725840	Este	N 60° W	2.2	Kace Cz-Lu
Molina	Sinclinal	361051	2726129	Este	N 60° W	3.86	Kcet Cz-Lu
La Flecha	Sinclinal recumbente inferido	360497	2733448	Noreste	N 46° W	7.6	Kcom Ar-Lu
Santa Gertrudis	Anticlinal recumbente	360980	2735622	Noroeste	N 36° W	8.36	Kbeh Cz-Lu, Khap Cz
Las Presas	Sinclinal recumbente inferido	362752	2735062	Noroeste	N 35° W	6.51	Kcet Cz-Lu
Las Minas	Anticlinal recumbente inferido	363975	2736920	Noroeste	N 52° W	2.88	Jo Cz (inferido)
San Antonio	Sinclinal recumbente inferido	357502	2722295	Suroeste	N 31° W	2.78	Kcet Cz-Lu, TplQpt Cgp-gv
Cañada Molina	Anticlinal inferido	361410	2726340	Noreste	N 56° W	5.87	Kace Cz-Lu, Ka Cz-Do, Kap Cz-Lu, Khap Cz
La Mina	Sinclinal inferido	363058	2727290	Noreste	N 50° W	5.38	Kcom Ar-Lu, TplQpt Cgp-gv
Santa Isabel	Anticlinal recumbente inferido	340652	2715970	Suroeste	N 23° W	6.59	TplQpt Cgp-gv, Kcom Ar-Lu
Picacho	Anticlinal recumbente	335450	2725085	Este	N 09° W	5.79	Kcom Ar-Lu, Kcet Cz-Lu, Kace Cz-Lu, Ka Cz-Do, Kap Cz-Lu, Khap Cz, Kbeh Cz-Lu, JkKbe Lm-Cz, Jok Y-Cz, Jo Cz
La Cuesta	Anticlinal	360598	2773654	Noreste	N 60° E	10.07	Kcet Cz-Lu, Kace Cz-Lu, Ka Cz-Do, Kap Cz-Lu, Khap Cz
El Carmen	Sinclinal inferido	345657	2727645	Centro - norte	N 12° W	8.95	Qho gv-ar

Tabla 2

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

Nombre	Tipo de estructura	Coordenadas		Localización (sector)	Rumbo	Longitud (km)	Unidades afectadas
		X	Y				
Las Colmenas	Cabalgadura inferida	338681	2713294	Suroeste	N 35° W	2.26	Khap Cz (inferido)
Las Mesas 2	Cabalgadura inferida	339347	2714210	Suroeste	N 23° W	1.6	Kcet Cz-Lu (inferido)
El Chivero	Cabalgadura inferida	336898	2729149	Noroeste	N 20° W	2.21	Kbeh Cz-Lu, Kcom Ar-Lu
Santa Eduviges	Cabalgadura inferida	343239	2730998	Centro-Norte	N 10° E	6.2	Jo Cz, Kbeh Cz-Lu
La Volteada	Cabalgadura inferida	342972	2732545	Norte	N 40° E	0.5	Jo Cz-Kcom Ar-Lu

Tabla 3

Nombre	Tipo de falla	Coordenadas		Localización (sector)	Rumbo	Longitud (km)	Indicadores cinemáticos	Unidades afectadas
		X	Y					
San Antonio	Lateral derecha inferida	339648	2712472	Suroeste	N 75° E	1.95	Interpretada por relaciones litoestratigráficas	Khap Cz, Kace Cz-Lu
El Arroyo	Lateral izquierda inferida	337125	2714314	Suroeste	N 30° E	3	Interpretada en imagen de satélite	Khap Cz
El Corral	Lateral izquierda	334342	2717609	Oeste	N 70° E	4.76	Interpretada en imagen de satélite	Khap Cz, Kcet Cz-Lu, Kcom Ar-Lu
Los Piloncillos	Lateral izquierda	341028	2717494	Suroeste	N 75° E	3.14	Interpretada en imagen de satélite	Khap Cz, Kap Cz-Lu, Ka Cz, Kace Cz-Lu, Kcet Cz-Lu, Kcom Ar-Lu
Dolores	Lateral derecha inferida	340316	2721811	Oeste	N 65° E	2.37	Interpretada en imagen de satélite	Khap Cz, Kap Cz-Lu, Ka Cz, Kace Cz-Lu, Kcet Cz-Lu, Kcom Ar-Lu
El Camino	Lateral derecha inferida	341890	2729738	Norte	N 70° W	4.35	Interpretada en imagen de satélite	Jo Cz, JkKbe Lm-Cz

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

Nombre	Tipo de falla	Coordenadas		Localización (sector)	Rumbo	Longitud (km)	Indicadores cinemáticos	Unidades afectadas
		X	Y					
El Cañón	Lateral izquierda inferida	363604	2735909	Noreste	N 55° E	2.49	Interpretada por relaciones litoestratigráficas e imagen de satélite	JkKbe Lm-Cz, Kbeh Cz-Lu, Khap Cz, Kap Cz-Lu, Ka Cz, Kace Cz-Lu, Kcet Cz-Lu, Kcom Ar-Lu

Tabla 4

Nombre	Tipo de falla	Coordenadas		Localización (sector)	Rumbo y echado	Longitud (km)	Indicadores cinemáticos	Unidades afectadas
		X	Y					
El Puerto	Normal inferida	359140	2732042	Noreste	N 30° E	2.81	Interpretada en imagen de satélite	Kace Cz-Lu, Kcet Cz-Lu

Tabla 5

IV.- YACIMIENTOS MINERALES

En la carta se identificaron yacimientos metálicos y no metálicos, los cuales se agruparon con base en su distribución, determinándose de esta manera tres áreas mineralizadas: 1) San Isidro 2) La Esperanza y 3) Santa Gertrudis (**Figura 8**).

IV.1. Metálicos

IV.1.1. Introducción

Con respecto a yacimientos minerales, en la carta no se tiene información de trabajos realizados, se desconoce si en años anteriores alguna compañía minera realizó trabajos de exploración. Actualmente no se realizan dichas actividades en la carta.

La poca información que se tiene es verbal, de las personas de la región mencionando que gambusinos realizaron una serie de zanjas, socavones y pozos inclinados, que no rebasan los 20 m de profundidad y en longitud son de menos de 30 m, con estas obras exploraron estructuras con mineralización de carbonatos de cobre (malaquita, azurita y crisocola), sulfuros de Zn (esfalerita) y óxidos de hierro (hematita, goethita, jarosita y limonita), mineralización asociada con cuarzo y calcita. De no metálicos fue por fluorita, como se observó en las minas La Luna, El Coyote y La Sierra. Se desconoce los años en que se realizaron las obras antes mencionadas.

V.1.2. Antecedentes

En la carta geológico-minera adyacente El Salvador, G13-C64 (Escalante M. J., *et al.*, 2004), que se localiza al oeste de la carta el Carmen G14-C65, se determinó el área mineralizada El Peñuelo con mineralización de sulfuros de cobre, óxidos de hierro e indicios de oro nativo, relacionada a un *Intrusivo* de composición sienítica, el cual afecta a secuencias sedimentarias del Cretácico.

En la carta geológico-minera San José de Raíces, G14-C66 (Montañez C. A. *et al.*, 2000), adyacente al este, en las cercanías del rancho La Leona, extremo centro-poniente, se documentaron localidades con mineralización de Ag, Pb, Zn y Cu, alojada en la secuencia de caliza-lutita de la Formación Indidura.

IV.1.3. Infraestructura

La carta esta comunicada principalmente por dos terracerías, la primera se desprende de la carretera federal 57, comunicando el sector noreste, a partir del puerto La Ranchadora hasta la ranchería San Juan de

Dios, situada en el límite occidental central de la carta, uniendo las rancherías El Carmen y El Barrosito. La segunda, parte desde la ranchería San Jorge, ubicada en el sector central de la carta y comunica a las rancherías El Carmen y La Esperanza (El Coyote).

Las terracerías son transitables en toda época del año, y en general comunican a las diferentes localidades mineras de la carta. El centro poblacional de mayor importancia en la región es la cabecera municipal de Galeana, N. L., ubicada a 30 km fuera de la carta, en la cual se cuenta con servicios de energía eléctrica, agua potable, internet, hoteles, banco, gasolineras, clínica del ISSSTE y del Seguro Social, entre otros servicios.

IV.1.4. Áreas mineralizadas

Las áreas con mineralización metálica que se determinaron con base en su distribución, son tres: 1) San Isidro, en el sector suroeste; 2) La Esperanza, en el sector poniente-norte y 3) Santa Gertrudis, en el sector noreste.

IV.1.4.1. Área mineralizada San Isidro

Se localiza en el cuadrante suroeste, la integra únicamente la mina abandonada La Luna y la manifestación mineral Mónica (**Figura 9**).

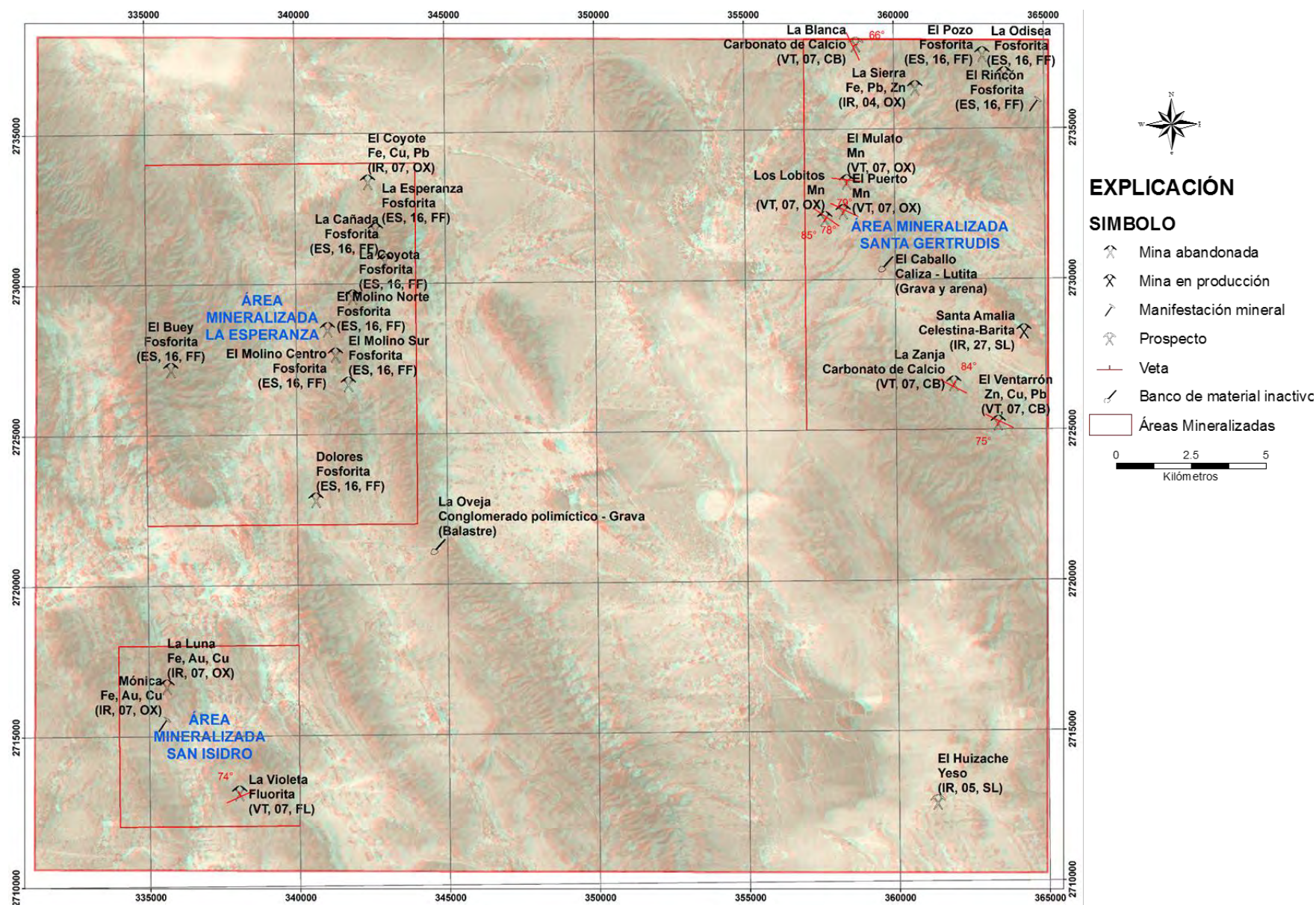


Figura 8.-Plano general de yacimientos minerales



El marco geológico está constituido por las unidades cretácicas: Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, a esta última le sobreyace discordantemente un conglomerado polimíctico, finalmente cubriendo parcial y discordantemente a las unidades anteriores, se tienen depósitos clásticos recientes representados por conglomerado variablemente consolidado, grava, arena y limo.

Mina abandonada La Luna

Fe, Au, Cu (IR, 07, OX)

Se localiza a 2.2 km al N 60° W de la ranchería San Isidro de Berlanga, en las coordenadas UTM 335597 E, 2716619 N, elevación de 2,025 m.s.n.m.

Consiste de un cuerpo mineralizado de forma irregular, en general orientado al N 62° W, su tendencia a profundidad de forma general es hacia el SW sin embargo es difícil definir su orientación debido a que en el interior la mina la obra se labro conforme el comportamiento del cuerpo, el cual está alojado en la unidad Cupido.

En superficie aflora en longitud de 5 m con espesor promedio de 1.30 m mientras que en interior de la obra minera el espesor varía de 1.0 a 1.50 m, en longitud y profundidad reconocidas de 20 y 12 m.

Megascópicamente las especies minerales observadas en campo Son las siguientes: Pirita, esfalerita calcopirita, hematita, cerusita, crisocola, malaquita, fluorita, posiblemente smithsonita, jarosita, goethita, limonita, como minerales de ganga cuarzo, calcita y pirolusita. El orden de las especies es conforme lo visto en campo tratando de interpretar la paragénesis ya que dicha sucesión se observó de manera difusa, en el cuerpo mineralizado, el cual al ser alterado por la oxidoreducción enmarca a la mayoría de las especies ya que esta se oxidan. Esto solo nos dejan ver tan solo las especies asociadas al Fe, Pb y Zn con carbonatos de cobre como se puede observar en la **(Fotografía 16)**: galena PbS y esfalerita ZnS hacia la izquierda parte superiores la fotografía dónde se observa manchones gris oscuro, así mismo los manchones de tono blanquecino que constituyen la Smithsonita ($ZnCO_3$), en la mayoría de la fotografía se observa óxidos Fe como la hematita (Fe_2O_3) de color gris tono rojizo jarosita ($KFe_3^{3+}(SO_4)_2(OH)_6$) con tonalidad naranja y goethita ($Fe^{3+}O$). Como se puede observar en dicha fotografía la alteración principal es la oxidación, leve silicificación y carbonatación, además de intensa alteración supergénica, que por ser muy llamativa debido a la tonalidad que le da a la roca y al cuerpo mineralizado a simple vista se cree que se trata

de solo óxidos de Fe, la roca encajonante de dicha mineralización es la caliza de la Formación Cupido.



Fotografía 16.-Aspecto de la estructura mineralizada La Luna con mineralización de hematita, goethita, limonita y calcita.

La obra minera consiste de dos pozos inclinados, separados por un pilar de 2 m de ancho en el centro, el primer pozo está labrado en dirección suroeste, con desarrollo medido de 20 m, ancho de 1.0 a 1.50 m, siguiendo el comportamiento del cuerpo mineralizado, en el tope se encuentra parcialmente derrumbado, pero se alcanza a observar que la estructura mineralizada continúa; el segundo pozo es vertical, desarrollado paralelo al primero, sólo que con profundidad estimada de 10 m.

Cabe mencionar que la obra minera se localiza sobre la margen derecha del arroyo El Encerado, a desnivel de 35 m, por lo que se deduce que el cuerpo mineralizado puede continuar a mayor profundidad, tanto en la Formación Cupido como en las secuencias subyacentes.

Por comunicación verbal del Sr. Santiago Lara, se sabe que anteriormente, a esta mina los lugareños la conocían con el nombre de La Colorada, estuvo en exploración o explotación en años anteriores a 1945, dejó de operar debido a que se alcanzó el nivel freático.

A la fecha no se han realizados trabajos, ni se sabe quién es el propietario del fundo minero, pero si comentan que en años anteriores, algunos mineros la han visitado e incluso se han llevado mineral extraído de la mina y ya no regresan, actualmente (septiembre de 2016) se encuentra libre de denuncia, en terrenos del ejido San Isidro de Berlanga.

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

Se colectaron cinco muestras de canal en interior de la obra minera **EC087 a ECR091** para análisis químico, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 6**):

No. de Mtra.	Espesor m	Fe %	Au g/t	Cu %	Zn g/%	Mn %
EC087	1.20	39.9	0.02	0.17	0.01	0.03
EC088	1.00	23.2	0.03	0.22	0.01	0.01
EC089	0.86	17.5	0.02	0.72	0.03	0.03
EC090	0.85	17.7	<0.01	0.15	0.02	0.02
EC091	0.90	50.6	0.02	0.16	0.01	0.00

Tabla 6

De estos resultados se obtienen contenidos promedio de 29.78% de Fe, 0.02 g/t de Au, 0.28% de Cu, 0.02% Zn y 0.01% de Mn, la Ag por debajo del límite de detección.

Así mismo se colectó la muestra **EC092** para estudio de difracción de rayos x, cuyo resultado reportó 25% de cuarzo y goethita, y de 10 a 25% de calcita y hematita.

Manifestación mineral Mónica

Fe, Au, Cu (IR, 07, OX)

Se localiza a 2.2 km al S 88° W de la rancharía San Isidro de Berlanga, en las coordenadas UTM 335452 E, 2715391 N, elevación de 2,029 m.s.n.m.

Consiste de una estructura mineralizada de forma irregular, de rumbo general N 15° E, con inclinación de 20° al NW, expuesta en 1 m, con espesor de 0.40 (**Fotografía 17**).



Fotografía 17.- Crestón con óxidos de hierro, en la manifestación mineral Mónica.

La mineralogía visible es limonita, hematita y calcita, la textura presente es relleno de espacios abiertos (drusas), tanto al bajo como al alto se observaron vetillas de 0.01 m de espesor, de óxidos de hierro y de calcita. Las alteraciones presentes son descarbonatación y leve dolomitización, la roca de caja es caliza en estratos medianos a gruesos de la Formación Cupido.

Esta manifestación se ubica en terrenos de uso común del ejido San Isidro de Berlanga.

Se colectaron las muestras de canal **EC085** y **EC086** sobre la estructura para análisis químico, cuyos resultados fueron los siguientes (**Tabla 7**):

No. de Mtra.	Esp. m	Fe %	Au g/t	Cu %	Zn %	Pb %
EC085	0.30	25.94	0-05	0.01	0.05	0.01
EC086	0.20	43.93	<0.01	0.32	0.07	0.03

Tabla 7

Estos contenidos se consideran bajos, sin embargo representan evidencias de mineralización de Au, Cu, Zn, Pb y Fe.

IV.1.4.2. Área mineralizada La Esperanza

Se ubica en el sector noroeste de la carta, en relación a mineralización metálica solamente incluye la estructura con mineralización de Fe-Cu-Pb, reconocida en la mina abandonada El Coyote (**Figura 10**).

La geología del área comprende las unidades Zuloaga y La Caja del Jurásico, así como las formaciones Taraises, Cupido, La Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, del Cretácico, así mismo depósitos pliocuaternarios de conglomerado polimíctico-grava y finalmente depósitos de arena-grava del Holoceno.

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

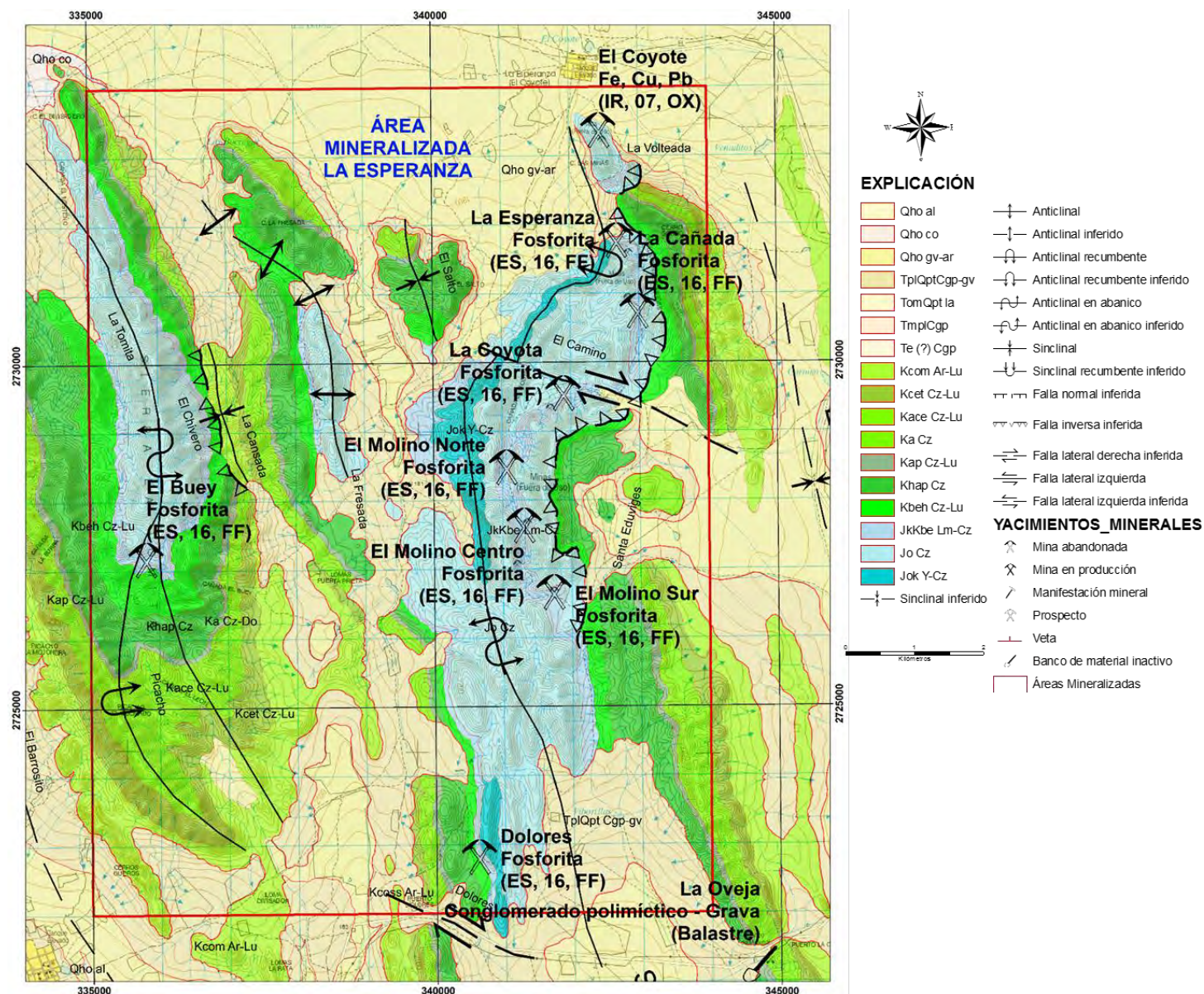


Figura 10.- Área mineralizada La Esperanza

Mina abandonada El Coyote

Fe, Cu, Pb (IR, 07, OX)

Se ubica en el sector norte noroeste de la carta, en el extremo noreste del cerro Las Minas, a 900 m al S 14° E, de la ranchería La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 342433 E, 2733346 N, cota de 1,991 m.s.n.m.

La estructura mineralizada es de forma irregular, consiste de un cuerpo oxidado con presencia de limonita, hematita, goethita y jarosita, carbonatos de cobre (malaquita, azurita), posible silicato de zinc (hemimorfita), manganeso, calcita y cuarzo (**Fotografía 18**).

Las texturas presentes son drusiformes y de bandeamiento, que indican relleno de espacios abiertos. Al cuerpo mineralizado en superficie no se le observa continuidad a los extremos, sin embargo de acuerdo al desarrollo de la obra minera, continúa en dirección noroeste. La alteración hidrotermal está representada por una intensa alteración supergénica que exhibe el cuerpo mineralizado oxidado, la roca receptora de la mineralización es caliza de la unidad Zuloaga.



Fotografía 18.- Cuerpo mineralizado El Coyote, con carbonatos de cobre (malaquita y azurita), hematita, limonita, cuarzo y calcita.

El cuerpo mineralizado se conoce por medio de obra minera en longitud de 12 m, profundidad de 22 m, con espesor que varía de 0.40 m a 2.60 m, es decir su comportamiento es irregular, ya que se ensancha y se angosta tanto lateral como verticalmente, formando “bolsadas” en donde se presentan flexiones, la tendencia a profundidad es estratiforme sin llegar a estar bien definida la estratificación, tiene rumbo general N 40° W con echado de 44° a 52° al SW.

En la pared izquierda de la bocamina se aprecian fracturas de orientación N 50° E, con inclinación de 30° al NW, las cuales están rellenas de cuarzo y algunas de óxidos de hierro, asimismo se aprecia una vetilla con hematita-limonita y carbonato de cobre (malaquita), de orientación N 30° W, buzamiento de 20° al SW, con espesor de 0.03 m, en longitud de 1 m.

La obra minera consta de una serie de pozos inclinados que fueron labrados siguiendo el comportamiento o tendencia del cuerpo mineralizado. El pozo principal tiene 12 m de profundidad, comunicado por medio de rebajes con otro pozo de 10 m de profundidad estimada, otros pozos de menores dimensiones, están comunicados por pequeños rebajes y socavones, de menos de 5 m. En general se encuentran en malas condiciones, con el riesgo latente de derrumbes.

Se puede considerar que la estructura mineralizada puede continuar hasta una profundidad estimada de 65 m con base en lo que superficialmente hay de desnivel, con longitud mínima de 50 m, pero esta consideración tanto a rumbo como a inclinación se puede incrementar con trabajos de exploración.

Se colectaron cuatro muestras de esquirla **EC012** a **EC015** en interior-mina, para análisis químico, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 8**):

No. de Mtra	Esp. m	Fe	Cu	Pb	Zn	Mn
		%				
EC012	1.0	9.32	0.14	0.13	0.02	0.01
EC013	0.80	20.90	0.05	0.16	0.00	0.00
EC014	0.65	30.30	0.27	0.24	0.02	0.00
EC015	0.55	5.85	0.66	0.06	0.04	0.03

Tabla 8

De estos resultados se obtienen contenidos promedio de 16.59% de Fe, 0.28% de Cu, 0.14% de Pb, 0.02% de Zn y 0.01% de Mn, en 0.75 m de espesor promedio. El Au y Ag, solamente reportaron trazas. El Cu se presenta en forma de carbonato y silicato, indicando una zona de alteración supergénica.

La muestra **EC017**, para estudio de difracción de rayos X, fue colectada también en el interior de la obra minera, en el cuerpo mineralizado, reportó más de 25% de calcita y de 1 a 10% de cuarzo, hematita y montmorillonita-sódica.

Se complementó con la muestra **EC018** para estudio de inclusiones fluidas, se analizaron varias placas de la

muestra, no encontrándose inclusiones fluidas adecuadas para su estudio.

Se ubica en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote), dentro del fundo vigente Nereyda, por Au, Ag, Pb, Cu y toda sustancia posible.

IV.1.4.3. Área mineralizada Santa Gertrudis

Se ubica en el sector noreste de la carta, en esta área se reconocieron las minas abandonadas La Sierra y El Ventarrón, ambas con mineralización de hierro-plomo-

cobre-zinc, alojada en caliza de la Formación Cupido. Además del prospecto Las Amalia con mineralización de Zn, Cu y Pb.

La estratigrafía de esta área se conforma de la base a la cima, por la Formación La Caja del Jurásico, a la que les siguen las formaciones Taraises, Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol del Cretácico, cubiertas parcialmente por sedimentos clásticos recientes (**Figura 11**).

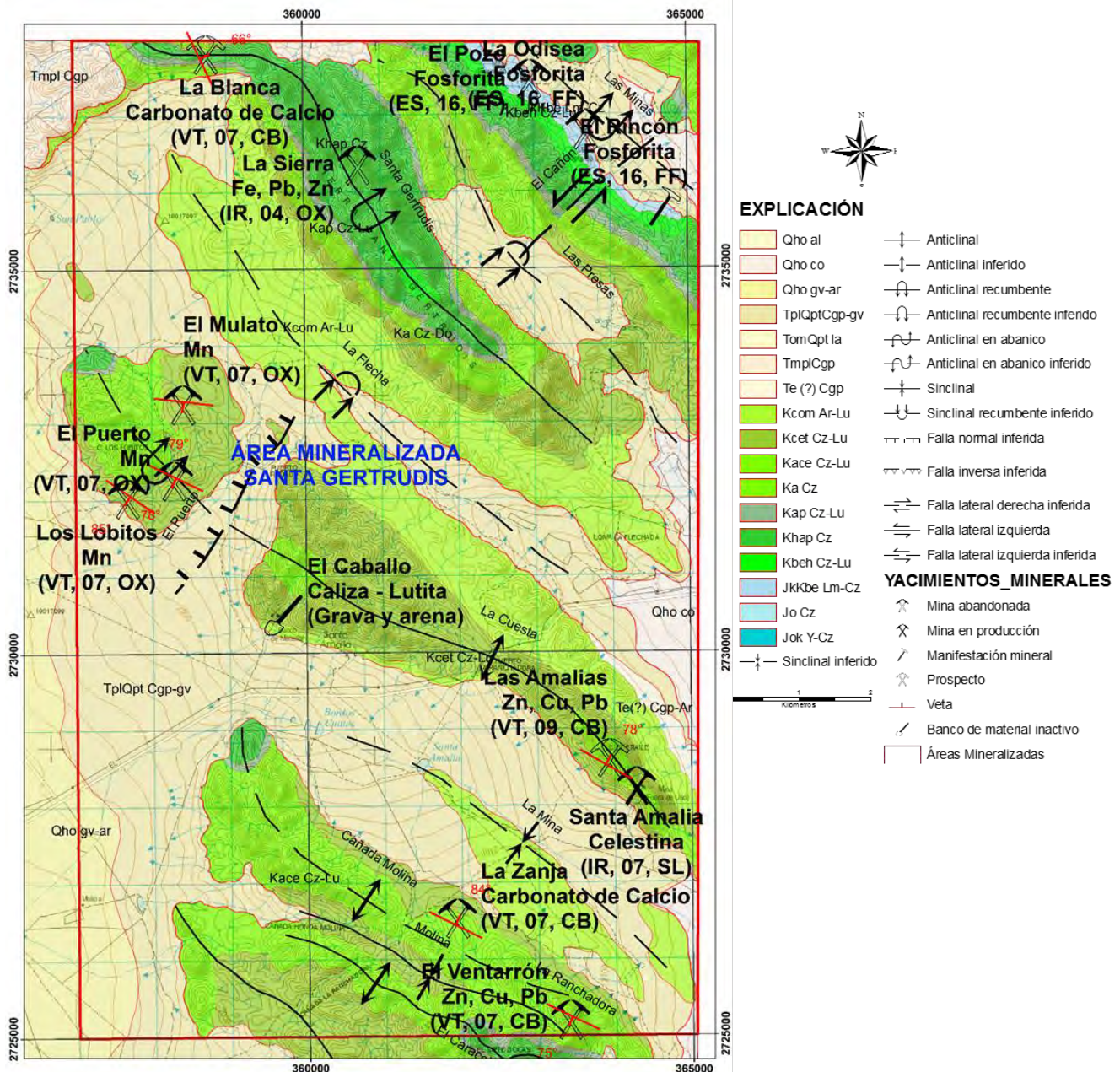


Figura 11.- Área mineralizada Santa Gertrudis

Mina abandonada La Sierra

Fe, Pb, Zn (IR, 04, 0X)

Se localiza en el sector noreste de la carta, a 7.7 km al N 58° E de la ranchería El Rucio, en las coordenadas UTM 360709 E, 2736325 N, cota de 2,318 m.s.n.m.

Es una estructura de forma irregular de orientación general N 65° W, con echado promedio de 60° al SW, longitud conocida de 11 m, en su parte media manifiesta un espesor de 0.80 m, mientras que hacia su extremo sureste se reduce a 0.20 m, a 15 m al sureste, donde la estructura está expuesta en un pozo, manifiesta un espesor de 0.40 m, en dirección noroeste la estructura se acuña, se aloja en caliza de la Formación Cupido (**Fotografía 19**).

La mineralogía está constituida por hematita, limonita, goethita, esfalerita, posible cerusita, cuarzo y calcita. La textura presente es drusiforme.

Las alteraciones hidrotermales presentes son oxidación intensa y silicificación moderada, la primera se considera parte de la intensa alteración supergénica que exhibe el cuerpo mineralizado.

Las obra minera consiste de dos pozos, el primero de 3 m de profundidad, 2.25 m de ancho y 5 m de longitud, el segundo pozo tiene 6 m de profundidad, 2.60 m de ancho y 3.50 m de longitud, además una zanja de 6 m de longitud, 1 m de ancho y 1.80 m de profundidad.



Fotografía 19.- Vista del cuerpo mineralizado La Sierra, de forma irregular, alojado en la Formación Cupido.

Se colectaron tres muestras de canal (**EC002 a EC004**), de interior de obra minera, para análisis químico, reportan los siguientes resultados (**Tabla 9**):

No. de muestra	Esp. m	Fe	Pb	Zn	Mn	As
		%				
EC002	0.80	42.10	1.79	0.64	0.02	0.02
EC003	0.50	37.45	1.26	0.38	0.01	0.01
EC004	0.40	42.97	0.43	0.42	0.03	0.00

Tabla 9

De estos resultados se obtiene un promedio de: 40.84% de Fe, 1.16% de Pb, 0.48% de Zn; para el Mn y el As, los contenidos reportados se consideran indicativos, el porcentaje obtenido de Fe refleja la intensa alteración supergénica con óxidos de hierro.

Esta localidad se localiza dentro del fundo vigente Santa Gertrudis, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina abandonada El Ventarrón

Zn, Cu, Pb (VT, 07, SF)

Se localiza en el sector oriental central de la carta, a 11.45 km al S 52° E, de la comunidad El Rucio, en las coordenadas UTM 14R 363396 E, 2725179 N, con elevación de 2,252 m.s.n.m.

Consiste de una estructura vetiforme, de rumbo N 64° W con echado de 75° al SW, de 1 m de espesor, 7 m de longitud conocida y 4 m de profundidad conocida, alojada en caliza de la Formación Cuesta del Cura (**Fotografía 20**).

La mineralogía visible está constituida por smithsonita (?), hematita, limonita, carbonatos de cobre (malaquita), calcita y cuarzo. Se observó textura drusiforme y bandeamiento, lo cual indica relleno de espacios abiertos. Al alto se observaron fracturas de rumbo general N 30° W, con buzamiento de 85° al SW, rellenas de hematita y limonita.

Cabe mencionar que en dirección noroeste, la estructura tiende a acuñarse, mientras que al sureste la estructura continúa como un hilillo por espacio de 2 m hasta desaparecer.

Las alteraciones presentes son oxidación, silicificación y escasa carbonatación.

La obra minera está representada por una zanja de 7 m de longitud, 1 m de ancho y 4 m de profundidad, labrada siguiendo la estructura mineralizada.



Fotografía 20.- Aspecto de la veta El Ventarrón con mineralización de Zn, Fe y Pb, alojada en caliza de la Formación Cuesta del Cura.

Se colectó la muestra **EC057** de la estructura mineralizada y la **EC058** del terrero, para análisis químico, cuyos resultados se muestran en la **tabla 10**:

No de mtra.	Esp. m	Zn	Cu	Pb	Fe	Mn
		%				
EC057	0.50	10.27	0.02	0.02	3.17	0.03
EC058	Terrero	5.31	0.18	0.02	12.60	0.02

Tabla 10

De estos resultados destaca el valor de 10.27% de Zn, obtenido de la muestra colectada en la veta.

La mina El Ventarrón se ubica en el fundo minero Lucha, denunciado por toda sustancia posible, en terrenos del ejido El Rucio.

Prospecto Las Amalias

Zn, Cu, Pb (VT, 09, CB)

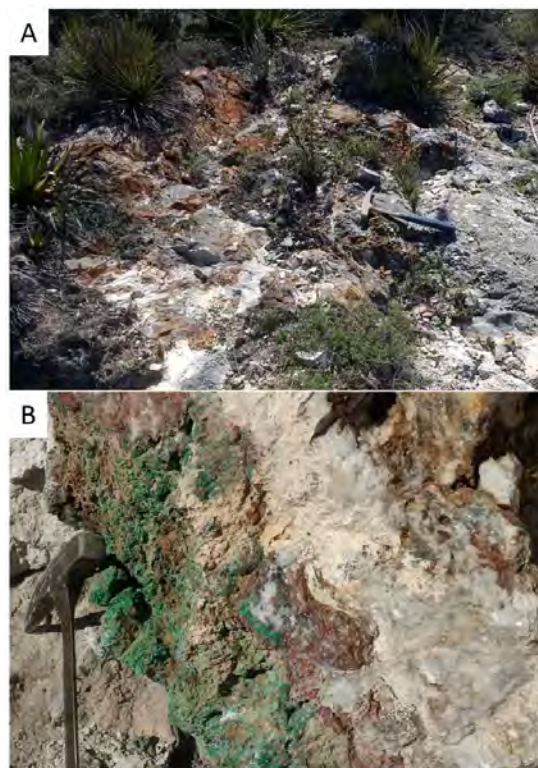
Prospecto localizado en el sector noreste de la carta, a 7.7 km al N 58° E, de la rancharía El Rucio, en las coordenadas UTM 363911 E, 2728583 N, a 2.247 m.s.n.m, y a 10.75 km al S 70 E, de la rancharía El Rucio.

Se ubica en el núcleo del sector sureste del anticlinal simétrico denominado “La Cuesta” donde afloran horizontes de caliza y dolomía de textura Mudstone a Wackestone dispuestas en estratos de medianos a gruesos, correspondientes a la Formación Aurora, en dicha localidad las capas presentan rumbo general N 38° W y echados de 88° hacia el NE y SW. Cabe mencionar que los estratos presentan un intenso fracturamiento.

La mineralización ocurre como una estructura que obedece a una veta irregular con rumbo variado N 60° W e inclinación promedio de 78° al NE, el cuerpo está expuesto en una longitud aproximadamente 300 m de longitud con un espesor promedio de 1.2 m.

Sobre la estructura mineralizada existen dos obras mineras de exploración de corto desarrollo: 1) Santa Amalia I, que es un socavón que presenta un desarrollo de 2 m de profundidad, 2 m de ancho y 5 m de longitud; 2) Santa Amalia II, tiene un desarrollo artesanal rudimentario con 3 m estimado de profundidad, 2.2 m de ancho y 7 m de longitud. Además, existen algunas catas pequeñas e irregulares desarrolladas a lo largo de la estructura mineralizada.

La mineralogía está constituida por hidróxidos y óxidos (limonita y hematita); carbonatos (calcita, cerusita, azurita y malaquita); sulfatos (barita, celestita y anglesita); silicatos (crisocola, hemimorfita). El cuerpo presenta texturas de relleno de espacios abiertos como drusiforme, así como de manera local brechamiento cementado principalmente por carbonatos y particularmente sulfatos (**Fotografía 21**).



Fotografía 21.- Imágenes mostrando mineralización de óxidos y carbonatos, de plomo, zinc y cobre

Con el objetivo de identificar las especies minerales se colectaron las muestras **EC066 a EC068**, para estudio de difracción de rayos X (**Tabla 11**):

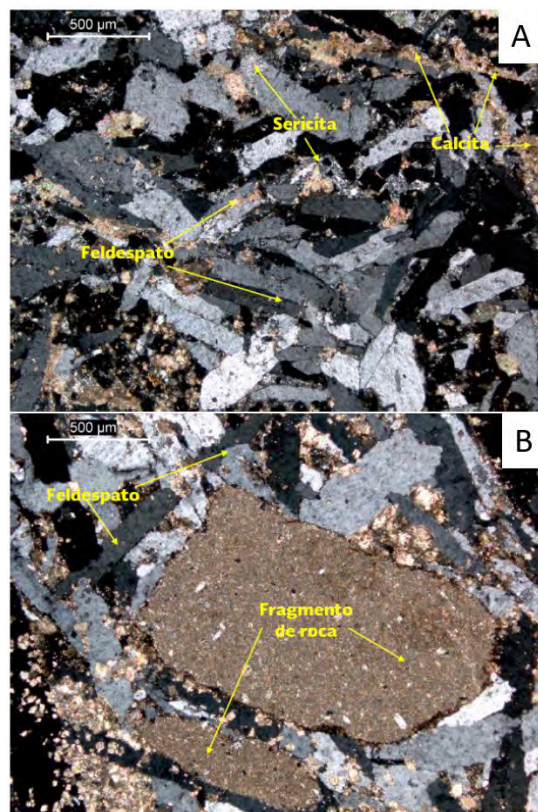
No. de Muestra	Proporción	Especie mineral
EC066	Mayor (más de 25%)	Hemimorfita
		Goethita
	Mediana (10 a 25%)	Calcita
	Menor 1 a 10%	Cuarzo
EC067	Mayor (más de 25%)	Celestita
	Menor 1 a 10%	Calcita
EC068	Mayor (más de 25%)	Calcita
	Mediana (10 a 25%)	Celestita
	Menor 1 a 10%	Estrontianita

Tabla 11

El cuerpo mineralizado específicamente se encuentra emplazado de manera cortante en una distancia horizontal de 300m y un desnivel de 20 a 30m de altura, a las unidades: Cupido, Aurora, Cuesta del Cura y esporádicamente a las unidades Indidura y Caracol.

De la manera siguiente: en el extremo noroeste de la veta y más alto topográficamente el cuerpo se encuentra emplazado de manera incipiente, en remanentes la Formación Indidura sobre la cresta del anticlinal, emplazándose en las unidades Cuesta del Cura y Aurora, hasta llegar a la formación Cupido, el extremo sureste del cuerpo mineralizado.

Punto donde se verifica la traza de 300 m de longitud desde su punto de inicio hasta la mina activa Santa Amalia, en donde se puede apreciar un intrusivo de composición sienítica, (muestras petrográficas **EC076 y 077**). (**Fotografía 22**).



Fotografía 22.-. Fotomicrografías mostrando minerales primaria de alteración hidrotermal, en el dique encontrado en el tajo Santa Amalia.

En la mina Santa Amalia se tiene un tajo para explotar celestita, en el cual se observó la presencia de cuerpos irregulares de hidróxidos, carbonatos y sulfatos encajonados en la caliza recrystalizada, marmorizada y brechada correspondiente a la Formación Aurora.

Esto demuestra el efecto de meteorización de sulfatos primarios y removilización de la mineralización metálica a niveles más profundos que podrían concentrarse económicamente a niveles freáticos.

En ambos extremos del cuerpo mineralizado se tiene alteración hidrotermal la cual consiste de marmorización moderada y silicificación, mientras que la alteración supergénica consiste de oxidación pervasiva relacionada los cuerpos mineralizados.

Con la finalidad de comprobar los minerales de alteración mediante estudio petrográfico, en el tajo norte se colectaron las muestras **EC076 y EC077**, en la primera se corroboró la presencia de dolomita como parte de la dolomitización, además se identificó sericita

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

De acuerdo las características metalogenéticas antes descritas el origen de esta mineralización es hidrotermal del rango epitermal a mesotermal, asociados a un intrusivo sepultado evidenciado por un dique de composición sienítico emplazado en el sistema de fracturamiento del núcleo del anticlinal La Cuesta, que permitió tanto el ascenso del magma como las soluciones mineralizantes.

Con objeto de conocer mejor las condiciones de mineralización se colectó la muestra **EC069** de calcita para estudio de inclusión fluida el cual reporta los siguientes valores (**Tabla 12**).

Temperatura de homogeneización °C	Temperatura de fusión °C	Salinidad % en peso de NaCl equivalente
244° C	-17°C	20.43%
137°C	-11°C	15.04%
140° C	-17°C	20.43%
225°C	-8.7°C	12.53%
211°C	-10.3°C	14.31%
163°C	-11°C	15.04%

Tabla 12

De lo que se puede constatar que las temperaturas oscilan entre 137° C a 244°C, y sus salinidades varían entre 14.31 a 20.43%, con estas temperaturas y salinidades correspondería a un yacimiento hidrotermal de tipo mesotermal.

Esto sugiere posiblemente que el anticlinal fue una trampa estructural que sirvió para el emplazamiento de cuerpos intrusivos, en stocks y diques, que pudieron alterar en la secuencia sedimentaria marina del Jurásico y Cretácico, así depositar la mineralización metálica.

En el prospecto Las Amalias se colectaron cuatro muestras de esquirla **EC059 – EC062**, para análisis químico, reportan los siguientes resultados (**Tabla 13**):

No. de Mtra.	Esp. m	Zn %	Cu %	Pb %	Ag g/t	Fe %
EC059	0.70	0.223	5.12	0.024	19.0	8.01
EC060	0.75	0.374	2.64	0.014	8.0	3.30
EC061	0.70	16.381	0.021	0.075	<1	25.8
EC062	0.85	0.396	0.019	0.021	1	12.3

Tabla 13

De acuerdo al análisis estadístico el contenido promedio de Zn es 4.34%, 3.89% Cu, 0.033% Pb, 9.33 g/t Ag y 12.35% Fe.

Con base en las características observadas en campo y los resultados de laboratorio que las sustentan, se recomienda un muestreo más a detalle, así como un muestreo auxiliándonos de geofísica de alta resolución, con la finalidad de delimitar hasta donde se extiende el cuerpo mineralizado a profundidad. Con el objetivo de programar una cuadrícula de barrenación a 100 m y corroborar la existencia de cuerpo intrusivo así como de mineralización con mayor ley.

Esta localidad minera está situada dentro del fundo vigente Santa Gertrudis, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina abandonada El Puerto

Mn (VT, 07, OX)

Se localiza en el sector noreste de la carta, hacia el flanco oriental del cerro Lobitos, a 4.1 km de la rancharía El Rucio, en las coordenadas UTM 358284 E, 2732230 N, con elevación de 2,048 m.s.n.m.

La estructura mineralizada corresponde a una veta-falla alojada en la Formación Indidura, con mineralización de manganeso de rumbo general N 64° W con echado de 78° al SW, de 1.20 m de espesor, 60 m de longitud conocida en 6 m de profundidad conocida, el espesor de la veta en dirección sureste se mantiene hasta en un tramo de 6 m, posteriormente se reduce hasta tener 0.10 m (**Fotografía 23**).

La mena es psilomelano, de color negro en superficie fresca con tonalidad parduzca al intemperismo, se presenta blando y en partes pulverulento, con cantidades menores de hematita y limonita como impurezas, la ganga consiste de calcita. Se observó textura drusiforme, indicadora de relleno de espacios abiertos, en algunas drusas hay presencia de cristales de calcita.



Fotografía 23.- Veta de manganeso alojada en una falla de tipo normal, en la mina abandonada El Puerto.

La obra minera consiste de un pozo de 6 m de profundidad, con sección de 4 por 2.90 m, se comunica al sureste con una zanja de 62 m de longitud, 1.20 m de ancho y 1.10 m de profundidad, labrada a rumbo de la veta.

Se tiene mineral en patio, en pilas de 4 m de largo, por 2 m de ancho y 3 m de altura, estimándose 100 toneladas aproximadamente.

Se colectaron las muestras de canal **EC033** y **EC034** en la veta, para análisis químico, cuyos resultados se indican en la **tabla 14**.

No. de muestra	Espesor. m	Mn %	Fe %	Zn %	Sr %
		%			
EC033	1.20	1.31	3.16	0.02	0.16
EC034	0.30	1.41	0.92	0.02	0.07

Tabla 14

De estos resultados se obtiene un promedio de 1.36% de Mn, 2.04% de Fe, 0.02% de Zn y 0.12% de Sr. En cuanto a Au, Ag y Pb reportaron únicamente trazas.

Se ubica dentro del denuncia Los Lobitos, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina inactiva Los Lobitos

Mn (VT, 07, OX)

Se localiza en el flanco sur del cerro Lobitos, a 3.4 km de la ranchería El Rucio, en las coordenadas UTM 357674 E, 2731998 N, cota de 2,205 m.s.n.m.

Consiste de una veta-falla de rumbo N 55° W, con buzamiento de 85° al SW, longitud reconocida de 178 m, su espesor varía de 0.40 a 1.40 m, aunque en el extremo noroeste se reduce hasta 0.10 m, profundidad conocida 6 m, emplazada en la secuencia de caliza-lutita de la Formación Indidura (**Fotografía 24**).

El mineral de mena es psilomelano, de color gris oscuro a negro en superficie fresca, ligeramente semicompacto, en el relleno de la estructura mineralizada se tiene presencia de hematita-limonita de color rojizo, calcita en hilillos y rellenando cavidades, además contiene fragmentos de caliza de forma subangulosa, la textura observada es drusiforme, indicativa de relleno de espacios abiertos. Hacia el alto de la estructura se aprecian calcita en forma de navajas, indicando la zona de ebullición.



Fotografía 24.-Aspecto de la veta-falla Los Lobitos, con mineralización de manganeso.

La obra minera consiste de una zanja de 7.50 m de longitud, 4 m de ancho y 6 m de profundidad, labrada a rumbo de veta, de los 6 m se reduce a 2.10 m de largo, 1.80 m de ancho y 1.40 de profundidad.

Se colectaron las muestras **EC030** y **EC031**, de canal en veta, para análisis químico, reportan los siguientes resultados (**Tabla 15**):

No. de muestra	Esp. m	Mn	Fe	Zn	Sr	Cu
		%				
EC030	0.40	1.37	1.08	0.00	0.07	0.00
EC031	0.10	1.28	3.00	0.06	0.15	0.01

Tabla 15

El manganeso reporta en promedio de 1.32%, y el Fe 2.04%, mientras que los contenidos de Zn, Sr y Cu se consideran indicativos.

Adicionalmente, la muestra **EC032**, para estudio minerográfico, reportó 30% de fragmentos de roca, 20% de psilomelano, 2% de hematita y 0.5% de goethita, como mineral de ganga calcita, se clasificó como mena de óxidos de manganeso y hierro con trazas de níquel.

Esta manifestación se localiza en el fundo vigente Los Lobitos, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina inactiva El Mulato

Mn (VT, 07, OX)

Se ubica en el flanco norte del cerro Lobitos, a 4.3 km de la rancharía El Rucio, en las coordenadas UTM 358408 E, 2733220 N, y cota de 2,161 m.s.n.m.

Consiste de una estructura vetiforme, de rumbo general N 83° W, con buzamiento de 79° al SW, de 0.40 m de espesor, longitud de 40 m y desnivel conocido de 4 m, emplazada en la secuencia de caliza-lutita de la Formación Indidura, estructuralmente corresponde a un relleno de falla lateral izquierda (**Fotografía 25**).



Fotografía 25.- Aspecto de la estructura vetiforme de la mina inactiva El Mulato, corresponde a una falla lateral izquierda.

En el respaldo del alto se presenta una vetilla de calcita de 0.06 m de espesor, en donde se llegan a observar cristales bien desarrollados, por otra parte, en ambos extremos es más intenso el brechamiento, mientras que al sureste la veta tiende a estrangularse, sin embargo en dirección noroeste, continúa con espesor reducido de 0.10 m.

La mineralogía visible está constituida por psilomelano, pirolusita, hematita, limonita, magnetita, cuarzo y calcita, la textura presente es drusiforme, en tanto que la alteración hidrotermal está representada por silicificación.

La obra minera consiste de una zanja labrada a rumbo de la veta de 40 m de longitud, 8 m de ancho y de 1 a 4 m de profundidad, donde además de explorar la veta, se extrajeron lascas de caliza.

Se colectó la muestra **EC035** de canal en veta, cuyos resultados de análisis químicos se indican en la **tabla 16**:

No. de muestra.	Esp. m	Mn	Fe	Zn	Sr	Cu
		%				
EC035	0.40	0.027	12.10	0.08	0.03	0.001

Tabla 16

Estos contenidos se consideran bajos, pero indicativos de mineralización de Mn y Fe, por las dimensiones de la obra se considera un cuerpo angosto que se estrangula, no observado el adelgazamiento al piso de la obra por la rezaga que la cubre.

Se colectó la muestra **EC036** para estudio de inclusiones fluidas, determinándose la temperatura de homogeneización de 276.4 a 289.7° C, su salinidad no se pudo determinar debido a que no se encontraron inclusiones fluidas bifásicas adecuadas para su estudio.

Al igual que las obras en las localidades El Puerto y Los Lobitos, se ubica dentro del fundo minero vigente Los Lobitos, en terrenos del ejido El Rucio.

IV.2. No metálicos

IV.2.1. Introducción

En cuanto a yacimientos minerales no metálicos La carta se caracteriza por yacimientos de fosforita, alojados en la secuencia de limolita-caliza de la Formación La Caja, con longitudes variables reconocidas de 200 m hasta 4 km y espesores de 0.30 a 3 m, las cuales anteriormente se exploraron y explotaron, por pequeños mineros.

Además de fosforita se reconoció mineralización de celestina, fluorita y calcita.

IV.2.2. Minas activas

Dentro de la carta, la única mina que está en operación es Santa Amalia de la compañía INDUMIN, de Monterrey, N. L., en la cual actualmente se explota a mediana escala, mineralización de celestina (SrSO₄) y cantidades menores de barita, desde hace aproximadamente 5 años (2011).

IV.2.3. Minas inactivas

Por información de los lugareños, se sabe que en la década de los 60's del siglo pasado, estuvieron en explotación las minas de fosforita: El Buey, La Esperanza, La Cañada, La Coyota, El Molino Norte, El Molino Centro, El Molino Sur y Dolores, ubicadas en el sector noroeste de la carta, se desconoce el tiempo que duró la explotación, a finales de 2016 las minas permanecían inactivas, cabe mencionar que la zona donde se ubican las obras mineras se encuentra concesionada a pequeños mineros.

A continuación se describen brevemente las localidades mineras donde se reconocieron minerales no metálicos, de acuerdo al área mineralizada donde se ubican:

IV.2.4. Área mineralizada La Esperanza

Se localiza en el sector noroeste de la carta, incluye las minas abandonadas El Buey, La Esperanza, La Cañada, La Coyota, El Molino Norte, El Molino Centro, El Molino Sur y Dolores (**Figura 10**).

Consiste de cuerpos estratiformes de fosforita alojados en la Formación La Caja, de orientación general NW, con buzamiento al noreste, y longitudes reconocidas de 200 m a 1 km, con espesores que varían de 0.30 hasta 4 m, considerando roca- mineral, el mineral primario es fluorapatito y los secundarios lo integran cuarzo y calcita.

La geología del área está representada por las unidades Zuloaga, Olvido y La Caja del Jurásico, para el Cretácico afloran las unidades Taraises, Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, posteriormente cubriendo parcial y discordantemente a las secuencias mesozoicas, ocurren depósitos clásticos recientes, representados por conglomerado polimíctico variablemente consolidado, grava y arena.

Mina abandonada El Buey

Fosforita (ES, 16, FF)

Se ubica en la porción poniente central de la carta, a 6.1 km al N 12° E del poblado El Barrosito y al S 40° E, a 9.55 km de la localidad La Esperanza (El Coyote). Coordenadas UTM 335813 E, 2727145 N y elevación de 2,273 m.s.n.m.

El cuerpo mineralizado de fosforita que se explotó en esta mina, es estratiforme, de rumbo general N 40° E, con buzamiento de 28° al SE, tiene longitud conocida de 20 m, espesor variable de 0.50 a 0.65 m, son cuerpos estratiformes siguiendo un estrato u horizonte mineralizado, por lo cual es difícil determinar su profundidad (**Fotografía 26**).



Fotografía 26.- Nótase en el pilar, el horizonte de fosforita en la mina El Buey, alojado en limonita-caliza de la Formación La Caja.

Al noreste la estructura se estrangula, sin embargo al suroeste aflora intermitentemente en longitud de 100 m, en algunas porciones llega a presentar forma lenticular, la mena consiste de fluorapatito, la ganga la conforma calcita, cuarzo, hematita, pirolusita y yeso, este último se presenta en bandas y es de forma fibrosa, las alteraciones son carbonatación y argilitización, ambas se presentan en los respaldos de la estructura mineralizada, las rocas almacenadoras son limolita-caliza de la Formación La Caja.

La obra minera presenta dos entradas de 1 m de alto por 1.20 m de ancho, el interior adopta la forma de un salón que esta sostenido por cuatro pilares de 0.85 a 1.10 m de ancho y 1 m de alto, un socavón está alineado en dirección noreste, con un desarrollo de 20 m, la estructura continúa en el tope y aparentemente conserva su espesor.

Se colectaron cuatro muestras (**EC037 a EC040**), en forma de canal, en el interior de la obra minera, cuyos resultados de análisis químicos son los siguientes (**Tabla 17**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
		%		
EC037	0.80	20.83	41.42	20.04
EC038	0.60	22.05	47.71	11.08
EC039	0.70	25.34	49.39	9.31
EC040	0.80	22.35	47.15	13.28

Tabla 17

Con base en el análisis estadístico, el contenido promedio de P₂O₅ es de 22.64%, considerando un espesor promedio de 0.72 m.

Adicionalmente a la muestra **EC038** se le realizó análisis químico para poder determinar su contenido de uranio, el cual reportó 27 ppm de U.

En relación a la situación legal, esta mina se ubica dentro del fundo minero vigente Don Paco 1, en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote).

El resto de las localidades de fosforita se alinean de norte a sur, ubicándose en la porción poniente central de la carta y alojados en la Formación La Caja.

Mina abandonada La Esperanza

Fosforita (ES, 16, FF)

Se ubica a 2.6 km aproximadamente al S 10° E de la ranchería La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 342678 E, 2731745 N, elevación de 2,005 m.s.n.m.

En esta localidad se explotaron varios cuerpos estratiformes de fosforita, que se encuentran intercalados entre capas de limolita de la Formación La Caja, de orientación general N 14° E con buzamiento de 24° al NW, longitud reconocida 76 m, su espesor varía de 0.20 a 0.60 m (**Fotografía 27**), por su condición estratiforme y tendiente a la horizontal, no se considera el parámetro de profundidad o desnivel, misma condición que se manejó en las otras localidades.



Fotografía 27.- Horizontes de fosforita entre capas de limolita de la Formación La Caja, en la mina abandonada La Esperanza.

El cuerpo mineralizado principal se ubica en la parte inferior del afloramiento, tiene espesor de 0.60 m, cabe mencionar que estos cuerpos son sumamente duros debido al contenido de sílice, su color varía de gris

claro a negro, constituyen miembros mineralizados que alcanzan hasta 4 m de espesor, es característica la presencia de oolitos y pellets, además en ocasiones se encuentran intercalados con franjas de yeso de forma fibrosa de 0.20 a 0.30 m de espesor.

La mena consiste de fluorapatito, la ganga conformada por calcita, cuarzo y hematita, las alteraciones son argilitización y carbonatación. Hacia el noreste la estructura se estrangula, adelgazándose hasta perderse, mientras que al suroeste la estructura aflora interrumpidamente en un tramo 1 km, los cuerpos estratiformes de fosforita, junto con el yeso alternan con horizontes de limolita de color ocre claro, intensamente fracturados y deleznales.

La obra minera consiste de un rebaje de 77 m de longitud y 5 m de altura de la obra, donde están expuestas las estructuras mineralizadas que fueron explotadas. En general la obra minera se encuentra en regulares condiciones, con presencia de derrumbes.

Se colectaron 4 muestras (**EC019-EC022**) de canal en superficie, para análisis químico, cuyos resultados fueron los siguientes (**Tabla 18**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
		%		
EC019	0.35	14.50	43.66	17.22
EC020	0.60	11.96	48.83	10.10
EC021	0.50	16.27	50.79	9.19
EC022	0.60	18.78	40.16	21.84

Tabla 18

Se realizó un promedio aritmético a las cuatro muestras, cuyos contenidos promedio son: 15.37% de P₂O₅, 45.86% de CaO y 15.37% de Ins.

Para corroborar la presencia del mineral de fosforita, se colectó la muestra **EC023** para análisis de rayos X, reportó más de 25% de fluorapatito y calcita, el contenido de cuarzo varía de 10 a 25%.

Esta localidad se localiza dentro del fundo minero vigente Nereyda, en terrenos del ejido La Esperanza.

Mina abandonada La Cañada

Fosforita (ES, 16, FF)

Se localiza en el sector noroeste de la carta, a 3.55 km al S 12° E, de la localidad La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 342980 E, 2730717 N y elevación de 2,118 m.s.n.m., estructuralmente en el flanco noreste del anticlinal San Julián.

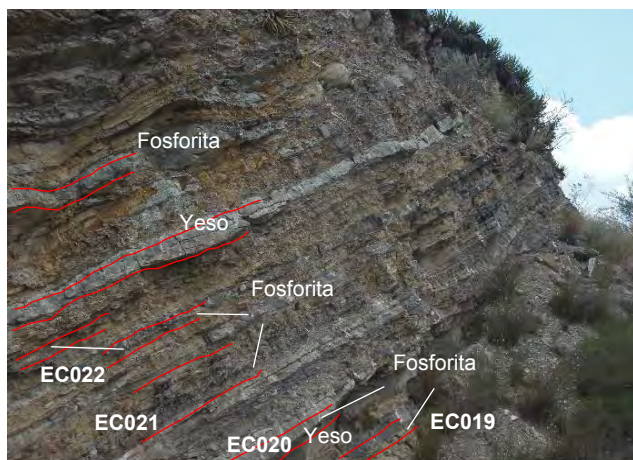
EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

Consiste de siete cuerpos estratiformes de fosforita en espesor de 4.20 m (**Fotografía 28**).

El rumbo de las estructuras es N 45° E, con inclinación de 20° al NW, longitud estimada 600 m, alojados en la secuencia de limolita-caliza de la Formación La Caja, identificándose como mena fluorapatito y como ganga cuarzo, calcita y yeso, también dentro de la misma secuencia se observaron algunas concreciones.

A continuación se hace una breve descripción, de la base a la cima, del afloramiento mineralizado:

De 0.00 - 0.60 m, se presenta limolita color café claro en superficie fresca, e intemperiza en color rosado, intensamente fracturada, en estratos delgados.



Fotografía 28.- Horizontes de fosforita de diferente espesor, expuestos en un rebaje de la mina abandonada La Cañada.

0.60 - 0.70 m, cuerpo estratiforme de fosforita constituido por gránulos de fosfato de color gris con variaciones a negro, en una matriz silíceo.

0.70 - 0.80 m, horizonte de limolita de color café claro a rosáceo, en estratos delgados.

0.80 - 1.0 m, horizonte de fosforita de color negro, se presenta en forma bandeada.

1.0 - 1.25 m, horizonte de yeso de color blanquecino al intemperismo y en algunos tramos translúcidos, estructura compacta, de forma astillosa, se presenta paralelo a la estratificación.

1.25 - 1.40 m, se presentan varios horizontes de fosforita de color gris a negro, de 0.03 m a 0.05 m de espesor, intercalados con capas de yeso transparente, en forma

laminar y también en hojuelas, así mismo alterna con horizontes de limolita color café claro.

1.40 - 1.75 m, limolita de color beige, estructura compacta, con algunas vetillas de yeso transparente.

1.75 a 1.85 m, cuerpo estratiforme de fosforita color negro, estructura compacta, con matriz silíceo, se aprecian fragmentos de pellets.

1.85 - 2.0 m, estrato de yeso paralelo a la estratificación en color blanquecino con variaciones a opaco, de forma astillosa.

2.0 - 2.10 m, intervalo de fosforita, en color pardo, estructura compacta, brillo céreo.

2.10 - 2.30 m, horizonte de limolita con algunas vetillas de yeso transparente a translúcido, paralelo a la estratificación.

2.30 - 2.45 m, cuerpo estratiforme de fosforita.

2.45 - 2.76 m, horizonte de limolita con vetillas de yeso.

2.76 - 3.0 m, cuerpo estratiforme de fosforita.

3.0 - 4.20 m, limolita de color beige en superficie fresca, al intemperismo tonalidad rosada, en capas delgadas, con algunas concreciones de 25 a 40 cm de diámetro, de forma esferoidal y concéntrica.

4.20 - 5.0 m, capa de suelo.

El rebaje principal tiene aproximadamente 100 m de longitud, 2 a 4 m de ancho y 2 a 5 m de desnivel en la obra, además en una distancia aproximada de 600 m en dirección suroeste, se tienen otros rebajes de menor longitud, labrados a rumbo de la estratificación.

Se colectaron cuatro muestras de canal **EC024 - EC027**, para análisis químico, reportaron los siguientes contenidos (**Tabla 19**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
		%		
EC024	0.50	34.24	48.41	5.67
EC025	0.60	13.24	47.43	6.53
EC026	0.45	20.50	45.19	9.59
EC027	0.35	18.63	46.73	7.88

Tabla 19

De estos resultados el promedio es de 21.65% de P₂O₅, 37.55% de CaO, 5.93% de Ins. Este contenido de P₂O₅ previo proceso de transformación, cumple con el porcentaje requerido para utilizarse como complemento

en la elaboración de lubricantes y plastificantes, en la pirotecnia y también en los productos textiles.

Se colectó la muestra **EC028**, con la finalidad de poder determinar el contenido de P_2O_5 , en un tramo de 3.0 m, en donde afloran siete horizontes de fosforita de 0.05 a 0.50 m de espesor, intercalado con horizontes de limolita y yeso, para análisis químico, reportó el siguiente resultado (**Tabla 20**):

No. de muestra.	Al %	Au g/t	Ba %	Cu %	Fe %	K %
EC028	0.71	<0.01	0.011	0.001	0.36	0.34

Tabla 20

No. de muestra.	Mg %	Mn %	Na %	P %	Sr %	Zn %
EC028	0.19	0.025	0.11	5.83	0.106	0.008

Tabla 20

Del análisis químico de 32 elementos más Au, solamente se obtuvieron contenidos indicativos.

Asimismo se colectó la muestra **EC029**, para determinar el peso específico y la densidad, cuyos resultados se dan en la **tabla 21**:

Muestra	Promedio Densidad g/cm ³	Promedio Peso Específico
EC029	2.766	2.775

Tabla 21

Se localiza dentro del fundo minero vigente Nereydas, denunciado por toda sustancia posible, en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote).

Mina abandonada La Coyota Fosforita (ES, 16, FF)

Se localiza a 4.7 km al S 06° W, de la ranchería La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 341895 E, 2729528 N, siendo su elevación de 2,042 m.s.n.m., estructuralmente en el flanco este del anticlinal San Julián.

Consiste de varios cuerpos estratiformes de fosforita, de rumbo general N 15° E, con buzamiento de 12° al SE, espesor que varía de 0.10 a 0.20 m, además se presenta uno de mayor amplitud que se considera el horizonte guía, que en conjunto forman un espesor de 1 m, se conocen en longitud estimada de 52 m, con presencia de oolitos y algunos pellets de forma esférica, se interestratifica entre horizontes de limolita (**Fotografía 29**).

La roca encajonante se presenta moderadamente fracturada y dispuesta en estratos delgados, así mismo en la parte superior del cuerpo se presenta yeso en forma bandeada, paralelo al cuerpo estratiforme, cuyo espesor varía de 0.10 a 0.15 m, con presencia de calcita, cuarzo y barita, la roca encajonante es la secuencia de limolita-caliza de la Formación La Caja.

La obra principal es un socavón comunicado por dos estradas, el principal tiene una longitud de 8 m, 2 m de alto y 1.50 m de ancho, en la parte central presenta un pilar de 2 m de ancho, hacia su extremo suroeste en superficie, se presentan cuatro socavones labrados a rumbo de la estratificación con orientación N 15°-30° E, con longitud de 4 a 6 m, ancho de 1 a 1.50 m y altura de 0.90 a 1.10 m, asimismo zanjas con longitud variable de 3 a 10 m, ancho 2 a 5 m y profundidad de 1.5 a 2.5 m; todas estas obras mineras se encuentran distribuidas en un tramo de 700 m.



Fotografía 29.-Nótense los diferentes cuerpos estratiformes de fosforita, en un tramo de 1.20 m, interestratificados entre capas de limolita.

Se colectaron cinco muestras de canal, en interior de obra minera **EC049 a EC053**, para análisis químico, que reportan los siguientes valores (**Tabla 22**):

No. de muestra	Espesor m	P ₂ O ₅ %	CaO %	Ins %
EC049	0.90	11.55	30.78	26.88
EC050	0.95	11.07	18.47	47.59
EC051	1.20	17.31	24.32	24.32
EC052	1.15	18.25	31.48	28.66
EC053	1.10	9.85	26.03	38.12

Tabla 22

Con estos resultados se obtienen en promedio contenidos de 13.60% de P_2O_5 , 27.92% de CaO y 33.11% de Ins.

Como información adicional se menciona que la fosforita tiene aplicaciones, en el procesamiento de gelatina, polvos para hornear y como acondicionador de sal comestible.

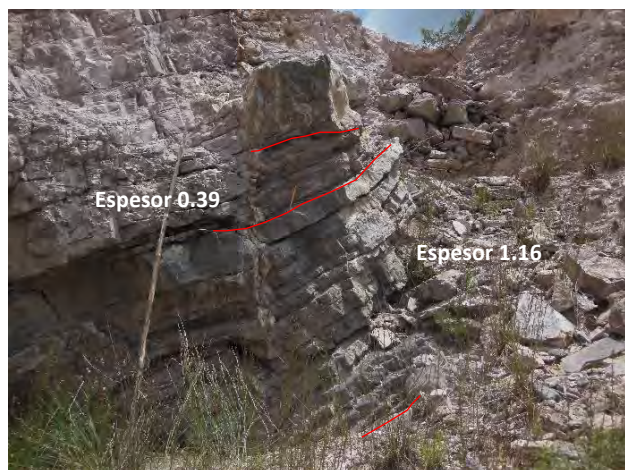
Esta localidad minera se localiza dentro del fundo actualmente vigente El Coyote, en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote).

Mina abandonada El Molino Norte

Fosforita (ES, 16, FF)

Se ubica en el sector noroeste de la carta, a 5.9 km al S 11° W de la comunidad La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 341059 E, 2728455 N, elevación de 2,063 m.s.n.m.

En esta mina se explotaron una serie de horizontes mineralizados de fosforita, de rumbo general N 30° E, con buzamiento de 25° al SE, longitud reconocida 20 m con espesor de 1.16 m, cuyos espesores varía de 0.03 a 0.04, 0.12 y 0.18 m, interestratificados entre capas delgadas de limolita color beige, de 0.02 a 0.04 m de espesor, (**Fotografía 30**).



Fotografía 30.- Horizontes de fosforita interestratificados entre capas de limolita, en la mina abandonada El Molino Norte.

Sobreyace concordante a otro bloque de 0.39 m de espesor, donde se presentan varios cuerpos estratiformes de fosforita, con oolitos en forma esférica y ovoideas de 1 cm de diámetro, así mismo pellets, de color gris claro con variaciones a negro, en forma esférica cuyo diámetro es de 1 cm, contenidos en una matriz silícea, interestratificados con horizontes de limolita de color café claro.

Como mineral de mena se presenta fluorapatito, los minerales de ganga son cuarzo, calcita, arcilla y yeso,

este último se presenta en forma astillosa, en bandas paralelas a la estratificación, en espesor de 0.8 a 0.12 m, parte del sistema de fracturamiento está relleno por cuarzo y calcita, ocurre perpendicular a los estratos, también se presentan concreciones de formas concéntrica y ovaladas de 10 a 20 cm de diámetro, la roca encajonante es la secuencia de limolita-caliza de la Formación La Caja.

La obra minera consiste de un rebaje labrado al rumbo de la estratificación, de 30 m de longitud y 2 a 5 m de desnivel en la obra, a un costado del rebaje se tienen pilas de mineral seleccionado de fosforita.

Cabe mencionar que el cuerpo mineralizado no fue explotado en su totalidad, en una esquina del rebaje se observa que este continúa hacia el extremo suroeste, parte del rebaje se encuentra cubierto por rezaga.

Se colectaron 3 muestras de canal **EC041 a EC043**, para análisis químico, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 23**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5 %	CaO %	Ins %
EC041	1.0	26.69	41.46	18.86
EC042	0.50	21.86	51.48	11.16
EC043	0.25	20.85	55.01	8.04

Tabla 23

El promedio de estos resultados es de 23.13% de P₂O₅, 49.32% de CaO y 12.86% de Ins.

La obra minera se localiza dentro del fundo vigente La Coyota, en terrenos del ejido el Coyote (La Esperanza).

Mina abandonada El Molino Centro

Fosforita (ES, 16, FF)

Se localiza a 6.7 km al S 08° W, de la ranchería La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 341311 E, 2727609 N, cota de 2,140 m.s.n.m.

La estructura mineralizada es estratiforme con mineralización de fosforita, de rumbo general N 20° W, con inclinación de 60° al NE, longitud reconocida 10 m, espesor de 0.30 m y 1 m de desnivel en la obra, contiene pellets de fosfato, su color varía de gris oscuro a negro, cementado en una matriz silícea, sobreyace concordantemente un horizonte de yeso opaco de forma fibrosa, de 0.10 m de espesor.

Secundariamente se presentan algunas vetillas de cuarzo y de calcita perpendiculares al cuerpo estratiforme, así mismo se tienen pequeñas concreciones de forma elíptica y concéntricas de 0.08 a

0.15 m de diámetro. La secuencia encajonante es limolita-caliza de la Formación La Caja.

La obra minera consiste de un socavón con 10 m de desarrollo, con 1.0 a 1.20 m de ancho y 0.80 a 1.0 m de altura (**Fotografía 31**), en el tope contiene rezaga que dificulta observar la estructura mineralizada, sin embargo se infiere que esta continúa hacia el sureste, evidenciada en superficie por la presencia de zanjas de 2 a 3 m de largo.

Se colectó una muestra de esquirla **EC044**, para análisis químico, reportó el siguiente resultado (**Tabla 24**):



Fotografía 31.- Aspecto de la entrada a la mina abandonada El Molino Centro, ubicada en las coordenadas UTM 341310 E, 2727609 N.

No. de muestra	Espesor m	P2O5 %	CaO %	Ins %
EC044	0.30	28.75	49.09	9.37

Tabla 24

Con este porcentaje de P₂O₅, el mineral podría utilizarse para elaborar fertilizantes.

Se ubica dentro del fundo Picacho de Los Pinos, en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote).

Mina abandonada El Molino Sur

Fosforita (ES, 16, FF)

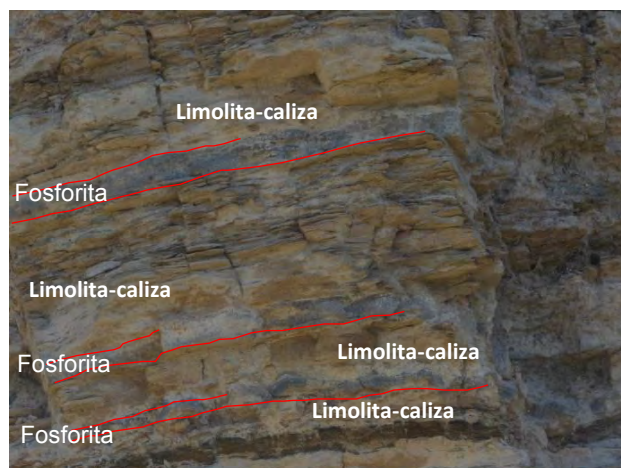
Se localiza en el sector noroeste de la carta, a 2.4 km al S 04° W, de la ranchería La Esperanza (El Coyote), en las coordenadas UTM 341735 E, 2726638 N, elevación de 2,177 m.s.n.m.

La mineralización de fosforita está representada por cinco cuerpos estratiformes de color gris claro a negro, de rumbo general N 40° W, con buzamiento de 16° al

NE, longitud conocida 80 m, sus espesores varían de 10 a 20 cm, que en conjunto representan un espesor total de 1.10 m (**Fotografía 32**).

Al noreste, a una distancia de 50 m, uno de estos cuerpos adquiere un espesor de 0.30 m. De manera secundaria se presenta yeso en forma bandeada, paralelamente al cuerpo de fosforita, interestratificado con horizontes de limolita de color ocre claro, en capas delgadas, intensamente fracturadas y deleznales, además se presentan concreciones calcáreas de 5 a 15 cm de diámetro.

Cortando a los cuerpos de fosforita se presentan vetillas de calcita, los cuerpos mineralizados no siempre son homogéneos, debido a que durante su depósito hubo mayor concentración en algunos lugares, lo que propició que su espesor fuera variable.



Fotografía 32.- Nótense tres cuerpos estratiformes de fosforita, expuestos en la mina abandonada El Molino Sur.

Las obras mineras consisten de socavones de 3 a 5 m de longitud, rebajes de 20 a 30 m de longitud, por 4 a 8 m de ancho y 1.50 a 4.0 m de desnivel, asimismo zanjas de 3 a 5 m de longitud, 2 a 3.5 m de ancho y profundidad de 1 a 2 m, algunas de estas obras mineras se encuentran parcialmente aterradas y con rezaga. Todas las obras están distribuidas en una distancia de 250 m.

Se colectaron cuatro muestras de canal en superficie **EC045 a EC048**, para análisis químico, cuyos resultados fueron los siguientes (**Tabla 25**):

No. de muestra	Espesor m	P ₂ O ₅ %	CaO %	Ins %
EC045	0.30	19.14	43.24	9.56
EC046	0.28	21.69	43.52	10.84
EC047	1.10	14.70	38.62	19.02
EC048	1.00	15.41	38.20	16.77

Tabla 25

De estos resultados se obtiene un promedio de 17.73% de P₂O₅, 40.89% de CaO y 14.04% de Ins. Previo proceso de transformación favorable, con este porcentaje de fosforita, una de sus utilidades sería como agregado en la industria textil (en el tratamiento de sedas).

Adicionalmente se complementó con análisis químico por uranio a la muestra **EC046** el cual reportó 24 ppm de U.

La mina abandonada El Molino Sur, se encuentra libre de denuncia, en terrenos del ejido La Esperanza (El Coyote).

Mina abandonada Dolores

Fosforita (ES, 16, FF)

Se sitúa en el sector central occidente de la carta, a 6.5 km al N 77° E de la ranchería El Barrosito, en las coordenadas UTM 340620 E, 2722795 N, elevación de 2,070 m.s.n.m.

Consiste de dos cuerpos estratiformes de fosforita interestratificados con un horizonte de limolita, de orientación general N 10° W, con buzamiento de 60° al NE, longitud conocida de 50 m, espesor de 0.23 m a 0.40 m, su continuidad se sigue por espacio de 4 km al noroeste. La mineralización visible consiste de gránulos de fosfatos de color gris oscuro a negro, envueltos en cementante débilmente fosfatado de caliza o sílice (**Fotografía 33**). También se observaron concreciones de 0.10 a 0.20 m de diámetro.

La mineralogía está representada por fluorapatito, calcita, cuarzo, arcilla y yeso, este último en forma fibrosa formando bandas continuas paralelas al cuerpo estratiforme de fosforita.

Las obras mineras consisten de varias zanjas, pozos y socavones de longitud 3 a 4 m, labrados a lo largo del cuerpo estratiforme de fosforita, algunas de estas obras mineras se encuentran aterradas parcialmente. La traza de las estructuras mineralizadas se visualiza por espacio de 4 km.



Fotografía 33.- Cuerpos estratiformes de fosforita, interestratificados con limolita, en la mina abandonada Dolores.

Cabe mencionar que la obra minera tiene un desarrollo de 1.40 m de profundidad, donde se observan dos estructura estratiformes de fosforita, pero siempre se manifiesta una de mayor dimensión, seguida de otras de menor magnitud, que en conjunto forman un espesor de 1.40 m (roca y estructura).

Se colectaron cuatro muestras de canal (**EC081 a EC084**), para análisis químico que reportan los siguientes resultados (**Tabla 26**):

No. de muestra	Espesor m	P ₂ O ₅	CaO	Ins
		%		
EC081	0.40	37.06	45.89	11.78
EC082	0.35	32.48	47.99	8.78
EC083	0.15	18.59	43.38	15.61
EC084	0.45	21.43	43.24	13.43

Tabla 26

El promedio de estos resultados es de 27.39% de P₂O₅, 45.12% de CaO y 12.40% de Ins. Con este porcentaje, previo proceso de beneficio y transformación favorable, el mineral de fosforita se podría utilizar en la elaboración de fertilizante.

Adicionalmente, a la muestra **EC081**, se le realizó análisis químico por uranio, reportó 18 ppm.

Esta localidad se ubica libre de denuncia, en terrenos ejidales de la comunidad El Barrosito.

IV.2.5. Área mineralizada San Isidro

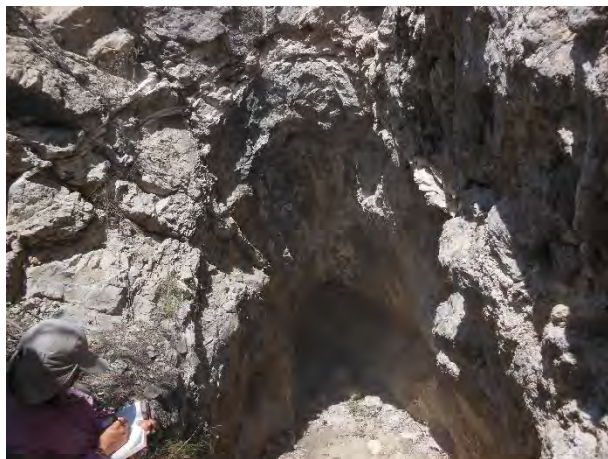
Mina abandonada La Violeta

Fluorita (VT, 07, FL)

Se localiza en, el sector suroeste de la carta, a 2.4 km al S 09° E, de la rancharía San Isidro de Berlanga, en las coordenadas UTM 337988 E, 2713073 N, elevación de 1,905 m.s.n.m., estructuralmente en el flanco oeste del anticlinal El Halcón.

La estructura mineralizada es una veta de fluorita y calcita, de rumbo general N 66° E, con inclinación de 74° al NW, longitud 22 m, ancho 0.95 m, profundidad conocida de 7 m, se le observa en superficie una traza de 25 m al suroeste, la calcita es de color blanquecino, transparente y a veces translúcida (**Fotografía 34**).

En el centro del cuerpo mineralizado se observa intercrecimiento de cristales de fluorita color morado, así como algunas vetillas de hematita y limonita, se observan texturas de crustificación y bandeamiento, la alteración hidrotermal presente es carbonatación y silicificación, la roca encajonante es caliza de la Formación Cupido, facies arrecifal.



Fotografía 34.- Aspecto de la veta de fluorita morada con calcita, alojada en la Formación Cupido, en la mina abandonada La Violeta.

La obra minera consiste de un zanja de 22 m de longitud, 1.50 m de ancho y profundidad 7 m, hacia el sureste a 3 m, se encuentra una cata de 1.10 m de longitud por 1 m de ancho y profundidad 1.20, donde quedó expuesta la veta con espesor de 0.40 m, mientras que en dirección noreste la veta se estrangula.

Para determinar el contenido de flúor, se colectó la muestra **EC095** para análisis químico, el resultado reportó 7.18% de flúor.

Adicionalmente se colectaron las muestras de canal **EC093 y EC094** de la veta, los resultados de análisis químico fueron los siguientes (**Tabla 27**):

No.de Mtra.	Esp. m	Al	Fe	Zn	Pb	Ag
		%				g/t
EC093	0.95	0.24	0.09	0.006	0.002	3
EC094	0.50	0.16	0.07	0.007	0.002	3

Tabla 27

No.de Mtra.	Esp. m	Ba %	Ca %	Mg %	Mn %	Na %
EC093	0.95	0.017	54.90	0.05	0.04	0.03
EC094	0.50	0.007	58.00	0.04	0.03	0.04

Tabla 27

Con respecto al análisis químicos de Au, reportó valores por debajo del rango de detección.

Se ubica en terreno libre.

IV.2.6. Área mineralizada Santa Gertrudis

Esta área comprende la mina activa Santa Amalia, las minas abandonadas. La Odisea, El Pozo y La Zanja así como las manifestaciones minerales El Rincón, El Puerto y El Huizache (**Figura 11**).

Estratigráficamente la unidad más antigua está representada por limolita – caliza de la Formación La Caja del Jurásico, para el Cretácico continúa con el depósito de las unidades Taraises, Cupido, La Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, posteriormente se presentan depósitos clásticos de conglomerado-grava y de grava-arena.

Mina activa Santa Amalia

Celestina (IR, 04, SL)

Esta mina representa la actividad minera de la carta. Se localiza en el sector noreste de la carta, a 10.75 km al S 70° E, de la rancharía El Rucio. Coordenadas UTM 364273 E, 2728233 N y 2,174 m.s.n.m.

Los cuerpos mineralizados son tanto vetiformes como de forma irregular.

Los minerales primarios están representados por celestina, estroncianita (?) y barita ocurren rellenando fracturas, conductos alimentadores que llegan a formar estructuras mineralizadas hasta de 0.60 m de potencia, cuerpos de forma irregular y/o rellenando zonas de

brecha monolítica (**Fotografía 35**), en esta última cementando los fragmentos brechados.

La celestina es de color blanco con leve tonalidad azul aunque en algunas porciones exhibe la tonalidad azulada o azul celeste que caracteriza a este mineral, presenta buena exfoliación, brillo vítreo a nacarado, ocasionalmente en algunas se llegan a encontrar cristales transparentes, bien desarrollados, de forma prismática.

La barita también presenta color blanquecino, buena exfoliación y brillo vítreo ha nacarado, por lo que por su aspecto en algunas porciones se pueden confundir con la celestina o bien dar la impresión de que ambos minerales están combinados, siendo el mayor peso específico de la barita, el factor que los distingue.



Fotografía 35.- Brecha monolítica de calapso, cementada con mineralización de celestina y barita.

Los minerales secundarios son calcita, hematita y arcillas, la proporción estimada de estos minerales es menor a 2%, la calcita ocurre en forma granular y cristalizada, esta última comúnmente revistiendo fracturas en dirección general NW-SE, los minerales supergénicos están representados por limonita, yeso y azufre.

Las textura presente es rellenos de espacios abiertos, también podemos observar ritmitas primarias (**Fotografía 36**). Las alteraciones son carbonatación y más ampliamente la dolomitización, esta última confiere a la roca encajonante coloraciones oscuras.



Fotografías 36.- Aspecto de ritmitas primarias desarrolladas en el yacimiento de celestina.

Estructuralmente se encuentra ubicada en el núcleo del anticlinal La Mina, el cual en este sitio, lo conforma la Formación Aurora, unidad en la que se emplaza la mineralización.

Localmente se presentan dos sistemas de fracturamiento, el predominante es NE 68° SW, el cual es el más favorable para alojar mineralización, mientras que el segundo sistema, con dirección general NW 46° SE, corta al primero.

La obra minera consiste de dos grandes tajos a cielo abierto, el que se localiza en la porción noreste tiene aproximadamente 100 m de longitud, 8 a 10 m de ancho, altura variable de 40 a 60 m (**Fotografía 37**), mientras que el tajo sur, tiene 80 m de longitud aproximada, 60 m de ancho y 50 m de profundidad, cuenta con dos niveles.

La Mina Santa Amalia es operada por La compañía minera IDUMIN, de Monterrey, N. L. Cuenta con dos excavadoras caterpillar No. 330 C, un buldócer caterpillar No. 8R, dos retroexcavadoras caterpillar E 16, trabaja un turno de 7 AM a 17 PM, laboran 12 personas.



Fotografía 37.- Tajo de exploración en la porción noreste de la mina Santa Amalia.

Se colectaron las muestras de canal **EC070** y **EC071** de una veta ubicada en el tajo sur, para análisis químico, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 28**):

No. de muestra	Espesor m	SrSO ₄	BaSO ₄	CaO
		%		
EC070	0.80	85.39	5.5	1.49
EC071	1.0	81.81	9.2	1.89

Tabla 28

No. de muestra	Espesor m	SiO ₂	SO ₄	Fe ₂ O ₃
		%		
EC070	0.80	0.06	46.84	0.06
EC071	1.0	<.001	46.57	0.04

Tabla 28

A las muestras **EC070** y **EC071** se le realizó el análisis para determinar la densidad y peso específico (**Tabla 29**), para fines comparativos se incluye el peso específico proporcionado por la compañía minera IDUMIN.

No. de muestra	Promedio Densidad g/cm ³	Promedio Peso específico	IDUMIN Peso específico
EC070	3.97	3.98	3.86
EC071	3.99	4.00	3.90

Tabla 29

Como puede observarse los resultados obtenidos en el SGM, son muy semejantes a los proporcionados por la Compañía IDUMIN.

Además, se colectaron las muestras **EC073**, **EC074** y **EC075** para estudio de inclusiones fluidas, la primera reporta temperaturas de homogeneización de 159.0 a 218.7 °C, no se pudo determinar la salinidad debido a

que presenta escasas inclusiones fluidas bifásicas. La muestra **EC074**, reportó un rango de temperatura de homogeneización de 227.9 a 363.1 °C, sin embargo su salinidad no se pudo determinar, mientras que a la muestra **EC075**, no se le determinó temperatura de homogeneización ni salinidad, debido a que no presentó inclusiones fluidas adecuadas para su estudio.

La muestra de esquirla **EC072** para análisis químico, reportó los siguientes contenidos (**Tabla 30**):

No. de muestra	Ba	Ca	Fe	Mn	Sr
	%				
EC072	0.362	1.01	0.03	0.003	16.25

Tabla 30

Cabe mencionar que del análisis de 32 elementos más oro, los demás elementos, incluyendo Au y Ag, solamente reportaron trazas o valores por debajo del límite de detección. .

Para análisis de difracción de rayos X, se colectaron las muestras **EC080** y **EC079**, reportaron como mineral principal a celestina con más de 25%, mientras que la muestra **EC079**, contiene más de 25% de celestita y 10 a 25% de calcita.

Con la finalidad de determinar minerales de alteración mediante estudio petrográfico, en el tajo norte se colectaron las muestras **EC076** y **EC077**, en la primera se corroboró la presencia de dolomita como parte de la dolomitización, además se identificó sericita.

Ambas muestras al estudio en lámina delgada se clasificaron como sienita sin embargo no son cartografiables debido a que estas muestras se colectaron bajo superficie, en interior de obra minera, es decir no afloran, mientras que en la muestra **EC077**, no se lograron identificar minerales de alteración, únicamente se determinaron feldespatos, calcita, fragmentos de roca y minerales opacos, clasificándose como conglomerado polimíctico.

También, en el tajo norte, se colectó la muestra **EC078** de una porción de brecha de colapso, para estudio petrográfico, la cual reportó 73.5% de fragmentos de roca y como componentes secundarios calcita en proporción de 25% y óxidos de hierro 1.5%. Se clasificó como conglomerado polimíctico.

En cuanto a la situación legal, la mina Santa Amalia se localiza dentro del fundo minero vigente La Lucha, en terrenos del ejido San Roberto.

Mina abandonada La Odisea

Fosforita (ES, 16, FF)

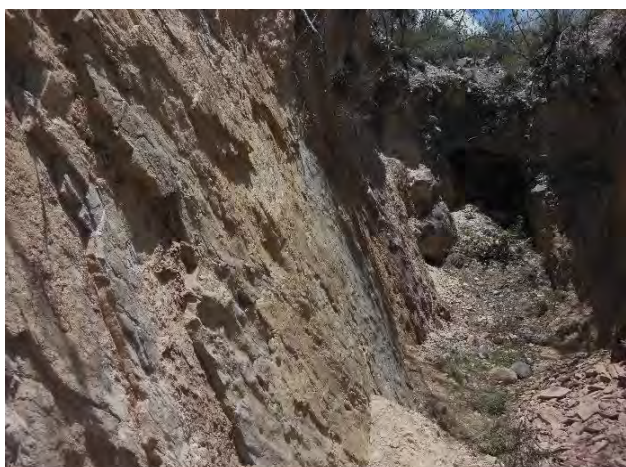
Se ubica cerca de la esquina noreste de la carta, a 10.4 km al N 65° E de la ranhería El Rucio, en las coordenadas UTM 363684 E, 2736767 N y cota de 1,991 m.s.n.m.

La estructura mineralizada consiste de un cuerpo estratiforme de fosforita de rumbo N 40° W, con buzamiento de 80° al NE, longitud 40 m, 0.60 m de espesor y 4 m de profundidad conocida (**Fotografía 38**).

El mineral de fosforita es de color negro que intemperiza con tonalidad gris, conformada por oolitos y pellets, intercalado con algunas vetillas de yeso de forma fibrosa, alterna con horizontes de limolita.

En los respaldos y en la misma estructura mineralizada estratiforme se presenta argilización, la roca de caja es limolita-caliza de la Formación La Caja.

La obra minera principal es un rebaje de 40 m de longitud, 2 a 3 m de ancho y 1.50 a 4 m de profundidad, paralela a esta obra se tienen tres zanjas de menores dimensiones, una de ellas presenta 2.50 m de longitud, 1.20 m de ancho y 1.0 m de profundidad.



Fotografía 38.- Traza del cuerpo estratiforme de fosforita La Odisea, alojado en limolita de la unidad La Caja.

Se colectaron en la zanja, las muestras de canal **EC009** y **EC010**, para análisis químico, los resultados se muestran a continuación (**Tabla 31**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
		%		
EC009	0.10	18.21	44.77	10.65
EC010	0.08	5.36	37.36	24.29

Tabla 31

Aunque los contenidos de P₂O₅ no son altos, previas pruebas favorables de beneficio y procesamiento, se podría utilizar en la elaboración de fertilizantes, también como agregados en alimentos balanceados, bebidas, cerámica etc.

Se ubica en el fundo minero vigente El Potosí, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina abandonada El Pozo

Fosforita (ES, 16, FF)

Se localiza cerca de la esquina noreste de la carta, a 10.2 km al N 60° E, de la ranhería El Rucio, en las coordenadas UTM 362957 E, 2737436 N, elevación de 1,971 m.s.n.m.

Las estructuras mineralizadas son dos cuerpos estratiformes de fosforita (**Fotografía 39**), de rumbo general N 45° W, con buzamiento de 35° al SW, se explotaron en longitud de 20 m, con espesores de 0.26 m y 0.14 m, y desnivel conocido de la obra menor a los 2 m de profundidad, los horizontes de fosforita se encuentran entre o separados por un horizonte de limolita de color beige, que es parte de la Formación La Caja.



Fotografía 39.- Cuerpos estratiformes de fosforita, interestratificados entre capas de limolita. Mina abandonada El Pozo.

Al sureste de la bocamina, a 20 m aproximadamente, los cuerpos mineralizados también están expuestos en un pozo labrado posiblemente con fines de exploración.

La mineralización de fosforita está constituida por granos de fosfato de color gris oscuro con variaciones a negro, cementado en una matriz arcillo-calcárea, con presencia de vetillas de calcita perpendiculares al cuerpo

mineralizado de fosforita, asociada con horizontes de yeso, de color blanquecino y forma fibrosa.

La obra minera está conformada por dos socavones paralelos y equidistantes a 2.30 m, el primero de 8 m de longitud, con sección de 1.55 por 1.32 m, comunica a superficie, el segundo de 5 m de longitud y sección de 1.70 por 1.25 m, hacia su extremo sureste su continuidad se observa en una zanja de 20 m de longitud, 4 a 5 m de ancho y profundidad 1.50 m, al terminar se encuentra un pozo de sección de 3 por 1.50 m y profundidad conocida 2.50 m.

Se colectaron las muestras de canal **EC006 a EC008**, del cuerpo mineralizado de mayor espesor, en interior de mina, los resultados fueron los siguientes (**Tabla 32**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
		%		
EC006	0.26	13.77	59.66	10.58
EC007	0.14	13.17	61.50	6.65
EC008	0.40	23.55	57.22	10.65

Tabla 32

El promedio de estos resultados es 16.83% de P₂O₅, 59.46% de CaO y 9.29% de Ins, estos cuerpos mineralizados tienen continuidad a profundidad y que paralelo a ellos, se puedan tener otros cuerpos.

Adicionalmente se colectó la muestra **EC008**, en el cuerpo mineralizado principal, para análisis químico de uranio, reporta 19.8 ppm, este resultado se considera anómalo, ya que el contenido normal en la roca es de 2.7 ppm.

Se localiza dentro del denuncia vigente El Potosí, en terrenos del ejido El Rucio.

Mina abandonada La Zanja

Carbonato de calcio (VT, 07, CB)

Se ubica a 9.5 km de la ranchería El Rucio, en las coordenadas UTM 361931 E, 2726505 N y elevación de 2,149 m.s.n.m.

La estructura mineralizada consiste de una veta de calcita de rumbo general N 63° W, con buzamiento de 84° al NE, longitud reconocida 95 m, de 0.40 a 1.0 m de espesor, aunque en su extremo noroeste, en el tope de la zanja, se reduce a 0.40 m, en profundidad conocida de 3 m, alojada en la secuencia de caliza-lutita de la Formación Cuesta del Cura (**Fotografía 40**).



Fotografía 40.- Veta de calcita La Zanja, de rumbo N 75° W, buzamiento de 85° al SE, alojada en la Formación Cuesta del Cura.

En cuanto a su longitud, cabe mencionar que la veta continúa al noroeste con menor espesor, mientras que en dirección sureste, la estructura se reduce a varios hilillos de 0.20 m.

La calcita generalmente es de color blanco con variaciones a beige, brillo vítreo, mayormente translúcida, de estructura compacta, con porciones parduzcas debido a la presencia de impurezas.

La obra minera consiste de un pozo vertical de 9 m de profundidad, con sección de 2.10 por 1.70 m, tiene dos niveles, el primero de los 4 a 5.50 m de profundidad del pozo y desarrollo tanto al noroeste como al sureste, se desconocen las dimensiones de dichos desarrollo, el segundo nivel entre los 8 y 9 m de profundidad y frentes hacia ambos extremos, desconociéndose su desarrollo.

Uno de los desarrollos que parten del pozo se comunica a superficie (hacia el noroeste) por medio de una zanja de 20 m de longitud, 0.65 a 0.90 m de ancho y 0.80 a 2 m de profundidad, labrada sobre la estructura, al sureste aproximadamente a 70 m se encuentra un socavón de 12 m de longitud.

Se colectaron las muestras de esquirla **EC054 y EC055** para análisis químico por sulfatos (**Tabla 33**) y carbonatos (**Tabla 34**), reportan los siguientes resultados:

No. de muestra	Espesor m	BaSO4	CaO	Fe2O3
		%		
EC054	0.85	<0.001	56.00	<0.001
EC055	0.40	<0.001	54.45	0.029

Tabla 33

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

No. de muestra	Espesor m	SiO ₂	SO ₄	SrSO ₄
		%		
EC054	0.85	<0.001	<0.001	<0.001
EC055	0.40	1.31	<0.001	<0.001

Tabla 33

No. de muestra	Esp. m	CaCO ₃	Fe ₂ O ₃	Ins	MgCO ₃	PxC
		%				
EC054	0.85	87.36	0.04	0.26	0.87	39.06
EC055	0.40	76.44	0.06	2.75	0.87	34.82

Tabla 34

El promedio obtenido es de 81.9% de CaCO₃, el cual se considera bajo tratándose de una estructura mineralizada de calcita, probablemente el bajo contenido de CaCO₃ se deba a la presencia de impurezas.

El reconocimiento se complementó con la muestra **EC056** para determinar su peso específico y densidad (Tabla 35):

Muestra	Promedio Densidad g/cm ³	Promedio Peso Específico
EC056	2.72	2.72

Tabla 35

Prospecto La Blanca

Carbonato de calcio (VT, 07, CB)

Se sitúa a 7.15 km de la ranchería El Rucio, en el extremo norponiente de la sierra Santa Gertrudis, coordenadas UTM 358725 E, 2737780 N, con elevación de 2,170 m.s.n.m.

Consiste de una veta de calcita de rumbo general N 25° W, con buzamiento de 66° al NE, con espesor promedio de 1.60 m, en longitud reconocida de 46 m, en desnivel o profundidad de 3 m, alojada en la secuencia de caliza de la Formación Cupido (Khap Cz).

La calcita es de color que varía de blanquecino transparente a translúcida, aunque de la longitud total de la veta, en la porción media, se aprecia con tonalidad ocre claro a grisáceo con banda, lo que da la apariencia de estar combinada con ónix, asimismo es mayormente masiva, aunque en pequeñas porciones se llegan a encontrar cristales mal desarrollados, de hasta 3 cm de largo, en los extremos del afloramiento llega a presentar bandeamiento, el cual en conjunto con la textura drusiforme, representan evidencias de relleno de espacios abiertos (**Fotografía 41**).



Fotografía 41.- Veta de calcita del prospecto La Blanca, con presencia de bandeamiento y estructura masiva.

Al noroeste, la estructura se reduce significativamente, para finalmente terminar en forma de hilillo, mientras que al sureste, tiende a estrangularse; a lo largo de esta se le aprecia hábito acicular.

Las obras mineras son dos zanjas que cortan a la veta, la primera de 2.50 m de longitud, 1.20 m de ancho y 1.0 m de profundidad, la segunda 1.40 m de longitud, 1 m de ancho y 0.50 m de profundidad.

Se colectó la muestra de canal **EC001** para análisis químico, reportó los siguientes resultados (Tabla 36):

No. de muestra.	Esp. m	CaCO ₃	Fe ₂ O ₃	Ins	MgCO ₃	Pxc
		%				
EC001	1.50	97.74	0.03	0.75	0.66	43.62

Tabla 36

Con el contenido de 97.74% de CaCO₃, se podría utilizar en la elaboración de alimento para aves y productos farmacéuticos, otros posibles usos son: como agregado para producir cemento, en la elaboración de cal hidratada, papel y pigmentos, entre otras posibles aplicaciones.

Manifestación mineral El Rincón

Fosforita (ES, 16, FF)

Se localiza en el sector noreste de la carta, a 11 km al N 72° E, de la localidad El Rucio, en las coordenadas UTM 364636 E, 2735768 N, elevación de 1,960 m.s.n.m.

En un desnivel de 2.5 m, en rocas de la Formación La Caja, se observa un corte de 0.5 m ancho en la lutita, donde se presentan cuatro estructuras estratiformes de fosforita de rumbo general N 50° W, con inclinación de

85° al NE, cuyos espesores oscilan de 0.03 a 0.08 m. (**Fotografía 42**).



Fotografía 42.- Cuerpos estratiformes de fosforita, en un espesor de 0.50 m, los cuales alternan con capas de limolita de la Formación La Caja.

La mineralización está conformada por pequeños fragmentos de fosfato de color grisáceo con variaciones a negro, en los que se incluyen oolitos, en una matriz calcárea. Los horizontes de fosforita se encuentran intercalados entre vetillas de yeso de forma fibrosa de 0.01 m de espesor y con niveles de limolita.

La obra minera consiste de una zanja de 12 m de longitud por 1.20 m de ancho y 1.50 a 2.5 m de profundidad, donde está expuesto el cuerpo estratiforme

Se colectó la muestra de canal **EC011**, para análisis químico, la que acusa los siguientes contenidos (**Tabla 37**):

No. de muestra	Espesor m	P2O5	CaO	Ins
			%	
EC011	0.50	11.78	47.01	8.66

Tabla 37

El contenido de 11.76% de fosforita que reportó el análisis químico se considera bajo, ya que para su explotación se requiere al menos 20% de P₂O₅.

Prospecto El Huizache

Yeso (IR, 05, SL)

Se localiza en el sector sureste de la carta, a 10 km en línea recta al S 50° E, de la ranchería San Jorge, en las coordenadas UTM 361268 E, 2712584 N, cota de 1,838 m.s.n.m.

Consiste de depósitos de yeso formados en ambiente lacustre, de color que varía de ocre claro a gris e intemperiza en tonos beige a blanquecino (**Fotografía 43**).

Afloran sedimentos de color café oscuro en superficie fresca, estructura semicompacta, los minerales presentes son yeso y calcita, con algunos clastos de arenisca, caliza y lutita, es común observar en superficie acumulaciones blanquecinas de yesos, cubiertos parcialmente por una capa de suelo de 0.01 a 0.60 m de espesor, morfológicamente desarrollan un relieve semiplano constituido por lomeríos de poca altitud



Fotografía 43.- Depósitos de yeso color ocre que intemperizan con tonos gris a blanquecinos, cubiertos por una delgada capa de suelo.

Estos sedimentos lacustres se ubican en la prolongación de una cuenca orientada en general al NW-SE, que tiene su máxima expresión en la carta adyacente al sureste, San Francisco de Berlanga, en la carta los depósitos lacustres tienen una superficie aproximada de 3.5 km de longitud y 2.5 km de ancho, un espesor estimado en promedio de 3 m. .

Para la toma de la muestra se realizó una zanja de 1.40 m de longitud, 0.90 m de ancho y profundidad de 0.65 m.

Se colectó la muestra de canal **EC085**, para análisis químico, los resultados se muestran en la **tabla 38**.

No. de muestra.	Esp. m	Al	Ba	Ca	Fe	K
		%				
EC085	0.65	0.51	0.013	22.70	0.21	0.25

Tabla 38

No. de muestra.	Esp. m	Na	P	Sr	Ti	Zn
		%				
EC085	0.65	0.30	0.006	0.225	0.02	0.001

Tabla 38

Se considera que el contenido reportado de estos elementos analizados es muy bajo.

Se colectó la muestra de esquirla **EC086** para análisis químico de sulfatos, cuyo resultado se muestran en la **tabla 39**.

No. de muestra	CaSO4	Fe2O3	INSOL	PxC300	SO4
	%				
EC086	96.21	0.20	3.07	10.79	54.52

Tabla 39

Adicionalmente se colectó la muestra **EC087**, para estudio de difracción de rayos X, reportó como mineral esencial al yeso con más de 25%, en menor cantidad calcita entre 10 a 25%.

IV.3. Bancos de material y de rocas dimensionables

Respecto a bancos de material, solamente se inventariaron 2 localidades, que permanecen actualmente inactivas, con la posibilidad de reactivarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda.

En cuanto a rocas dimensionables, no se inventarió ninguna localidad.

IV.3.1. Bancos activos

No se tiene conocimiento de que algún banco de material esté operando actualmente en la carta.

IV.3.2. Bancos inactivos

La Oveja

Se sitúa en el sector central de la carta, en las coordenadas UTM 344725 E, 2721202 N, cota de 1,999 m.s.n.m.

La obra minera consiste de un tajo de 80 m de longitud aproximada, ancho de 20 a 24 m y 8 m de profundidad máxima (**Fotografía 44**).

Del cual se extrajo material con granulometría de grava, constituido por fragmentos subangulosos a angulosos de caliza; el material fue utilizado como balastre en la construcción del camino que comunica las comunidades San Juan de Dios, El Barrosito, El Carmen y La Esperanza (El Coyote). Se encuentra labrado en la unidad de conglomerado polimítico-grava plio-pleistocénica (TplQpt Cgp-gv).

Está ubicado en terrenos del ejido El Carmen.



Fotografía 44.- Vista del banco de material inactivo La Oveja, en las coordenadas UTM 344725 E y 2721202 N.

El Caballo

Banco de material inactivo que se localiza en el sector noreste de la carta, a 0.94 km al noroeste del rancho Santa Amalia, en las coordenadas UTM 14R 359696 E, 2730496 N, y a 2,018 m.s.n.m.,

Sobre este punto se observa un rebaje con dimensiones aproximadas de 80 m de largo, 60 m de ancho y 10 m de profundidad máxima, del cual se extrajo grava y arena (**Fotografía 45**).



Fotografía 45.- Aspecto del banco de material inactivo El Caballo, labrado en la unidad Indidura (Kcet Cz-Lu).

Corresponde a un talud formado de la degradación que cubre parcialmente a rocas de la Formación Indidura y no cartografiadas a la escala de este

trabajo, el material fue utilizado para el revestimiento de caminos locales.

Se ubica en terrenos del ejido Las Memelas.

IV.4. Áreas prospectivas

Área prospectiva San Isidro

Se ubica en el sector suroeste de la carta.

Su acceso a partir de la ranhería San Antonio de González, es con un recorrido de 7 km hasta San Francisco de Berlanga, continuando por una brecha de penetración en distancia de 2 km. Se estima que la superficie de interés para la exploración es de 1,200 has, ubicadas entre las coordenadas UTM 33500 E a 338000 E, 2714000 N a 2718000 N.

La estratigrafía ésta representada por seis unidades, de la base a la cima: Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol, las cuales en algunas porciones las cubren parcial y discordantemente depósitos de conglomerado –grava y de arena-limo.

En esta área, la carta magnética de primera derivada vertical muestra el reflejo de un bajo y alto magnético (A1) (**Figura 12**).

El cual se atribuye generalmente a rocas intrusivas no aflorantes, de composición félsica a intermedias, cercano a estos dipolos magnéticos se localiza la mina abandonada La Luna y la manifestación mineral Mónica.

La mineralogía presente en la mina La Luna (también conocida por los lugareños como La Colorada) es calcopirita, cerusita, malaquita, crisocola, posible smithsonita (?), calcita, cuarzo pirolusita, fluorita y calcedonia, las alteraciones presentes son oxidación, silicificación y carbonatación, la roca receptora de la mineralización es caliza de la unidad Cupido.

En el modelo propuesto se consideran fluidos mineralizantes distales transportados por el intrusivo El Peñuelo o apófisis de este, producto de procesos hidrotermales de baja temperatura. El intrusivo El Peñuelo aflora fuera de la carta, a 10 km aproximadamente, en la carta adyacente El salvador Cinco muestras (**EC076 a EC080**), colectadas en interior-mina, en la estructura mineralizada de forma irregular con tendencia a estratiforme, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 40**):

No. de muestra.	Esp. m	Fe	Cu	Zn	Mn	Sb
		%				
EC076	1.20	39.9	0.17	0.01	0.03	0.00
EC077	1.00	23.2	0.22	0.01	0.01	0.01
EC078	0.86	17.5	0.72	0.03	0.03	0.01
EC079	0.85	17.7	0.15	0.02	0.02	0.00
EC080	0.90	50.6	0.16	0.01	0.00	0.02

Tabla 40

De estos resultados se obtienen contenidos promedio de 0.28% de Cu, 0.02% de Zn, 29.78% de Fe, 0.02% de Mn y 0.012% de Sb.

Respecto a la manifestación mineral Mónica, las muestras **EC074** y **EC075** colectadas en superficie, reportaron los siguientes resultados (**Tabla 41**):

No.de mtra.	Esp. m	Fe	Zn	Cu	Pb	Au
		%				g/t
EC074	0.30	25.94	0.05	0.01	0.01	0.05
EC075	0.20	43.93	0.07	0.32	0.03	<0.01

Tabla 41

Se considera que los minerales identificados megascópicamente (calcopirita, crisocola, cuarzo, fluorita, entre otros), fueron formados en ambiente hidrotermal además el área se localiza relativamente cercana a un cuerpo intrusivo de composición sienítica (no cartografiable) con variaciones a granodiorita debido a diferenciación magmática.

Aflora en la carta adyacente El Salvador, en este sentido, en lo que corresponde al sector donde se localiza esta área prospectiva, la carta magnética de la primera derivada vertical (**Figura 12**), muestra dipolos magnéticos altos y bajos que podrían estar relacionado a un cuerpo intrusivo de posible composición sienítica, teniéndose la posibilidad de encontrar otros cuerpos mineralizados en la Formación Zuloaga, como el que se reconoció en el área mineralizada La Esperanza.

En cuanto a la situación legal, esta área prospectiva se encuentra libre de denuncios, en terrenos del ejido San Isidro de Berlanga.

Entre los trabajos recomendados para un programa de prospección geológica está realizar levantamiento geológico a detalle o semidetalle, muestreo sistemático en interior de la mina La Luna, desarrollo de zanjas para establecer superficialmente la continuidad de la estructura mineralizada, asimismo realizar un estudio de geofísica que podría incluir, polarización inducida, gravimetría y/o magnetometría, que permita conocer el comportamiento a profundidad del cuerpo mineralizado.

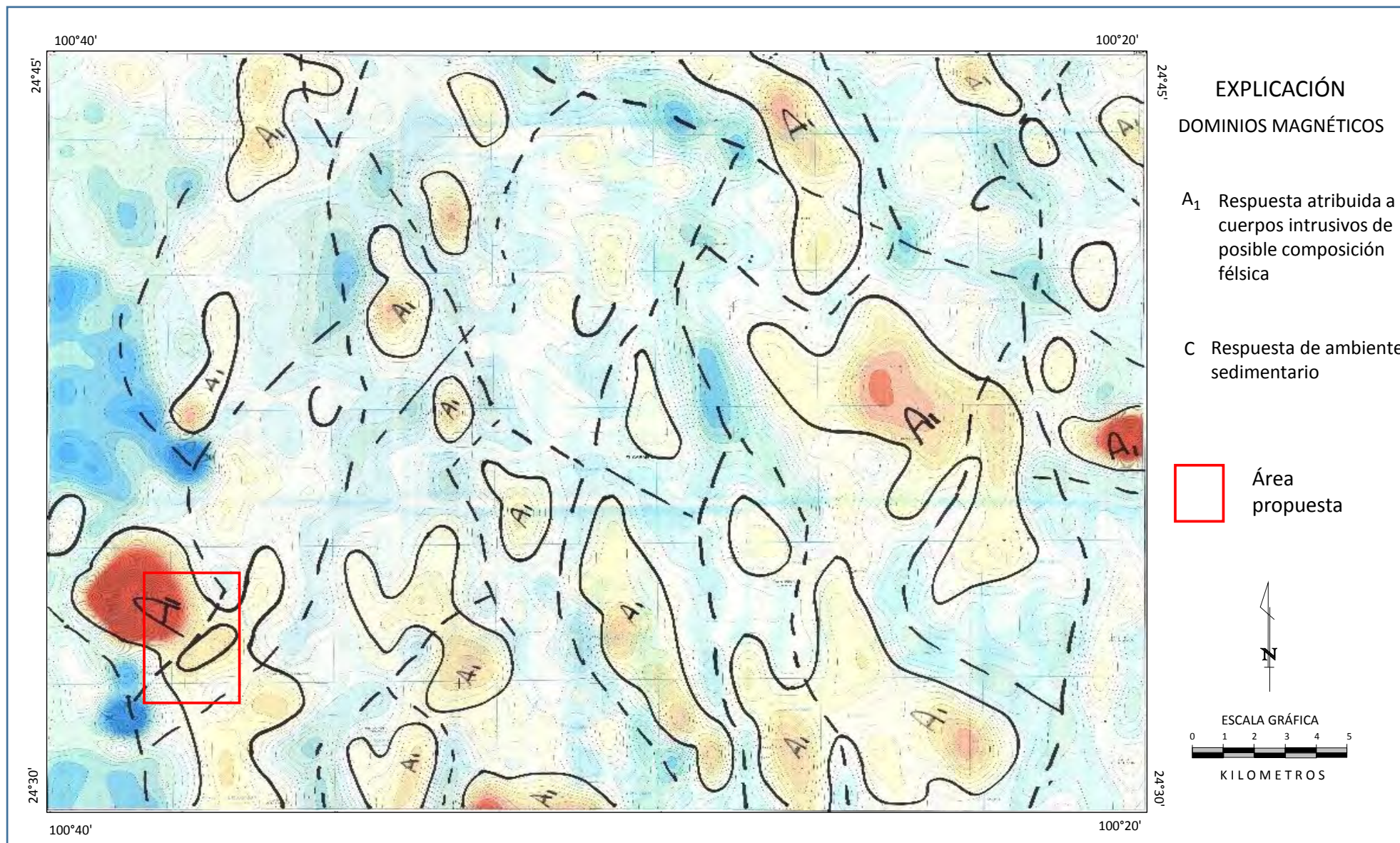


Figura 12.- Mapa la primera derivada vertical del campo magnético total, reducido al polo.

V. MODELO DE YACIMIENTOS MINERALES Y POTENCIAL

Durante los trabajos de campo se reconocieron principalmente 2 tipos de yacimientos minerales: 1) De origen hidrotermal. 2) Sedimentario (fosforita), en uno de los clasificados como hidrotermales, Santa Amalia se reconoció mineralización y algunas características que permiten pensar en una tipología de *Mississippi Valley Type* (MVT), sin embargo al parecer los datos e temperatura que se pudieron obtener, así como algunas texturas y alteraciones, permiten suponer que se trata de un proceso hidrotermal, existiendo la posibilidad de un origen primario relacionado a un proceso MVT, y una segunda etapa hidrotermal que re movilizó las soluciones minerales.

Por lo cual las características relacionadas a la primera tipología también serán mencionadas en este apartado, al igual que las antes propuestas, presentando un modelo esquemático para cada uno de ellos:

1.-Yacimiento de origen hidrotermal

Este tipo de yacimientos se encuentran distribuidos en tres áreas mineralizadas 1) San Isidro (abarca la mina abandonada La Luna y la manifestación mineral La Mónica 2) La Esperanza comprende la mina inactiva El Coyote 3) Santa Gertrudis con las minas abandonadas La Sierra, El Ventarrón y Santa Amalia, esta última con la posibilidad de corresponder a una segunda etapa (hidrotermal) y su formación previa tenga relación con un MVT.

Los fluidos mineralizantes de los yacimientos hidrotermales constituyen una mezcla de fluidos magmáticos que han ascendido a la superficie y aguas meteóricas que han percolado. Se considera que las condiciones de formación de la mayoría de yacimientos epitermales comprenden temperaturas entre < 150 y 300°C (y eventualmente mayores).

Abarcan profundidades desde la superficie hasta 1 o 2 km, con presiones de hasta varios centenares de bares.

Los metales son transportados como iones complejos bisulfuros y cloruros la precipitación de metales ocurre cuando el fluido “hierve” al acercarse a superficie (nivel de ebullición).

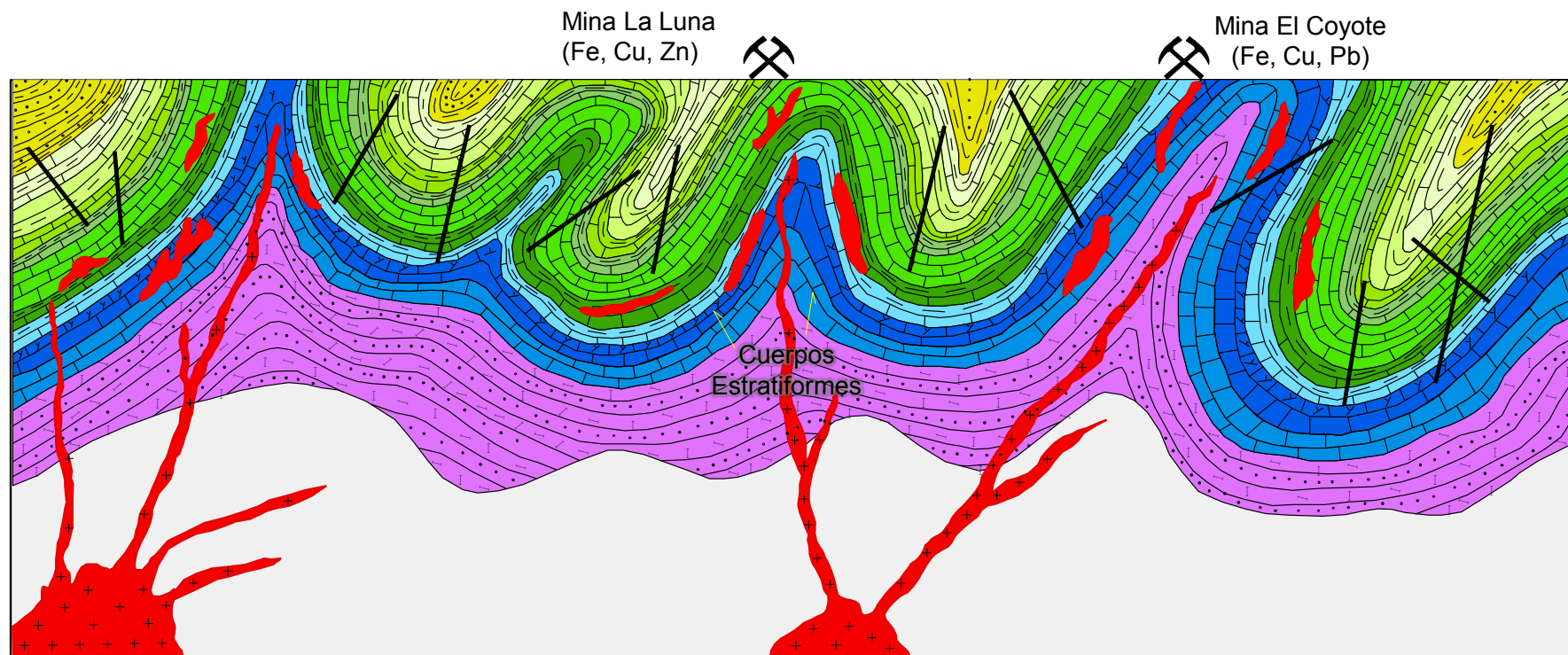
Como ejemplo se tiene la mineralización reconocida en la mina abandonada La Luna, que se considera producto de procesos hidrotermales de baja temperatura

derivados probablemente de la misma cámara magmática que dio origen al intrusivo El Peñuelo, de composición sienítica que se localiza a 10 km aproximadamente, fuera de la carta, donde hubo transporte y disponibilidad de fluidos mineralizantes susceptibles de disolver y transportar soluciones mineralizadoras, condiciones favorables de permeabilidad por donde pudieron canalizarse dichas soluciones y producir reacción química cuyo resultado fue la formación de un depósito mineral.

De acuerdo a las observaciones de campo, se puede establecer que este tipo de yacimiento de manera preliminar está relacionado a soluciones hidrotermales de baja a media temperatura (**Figura 13**), algunas características que permiten clasificarlos como de origen hidrotermal son: 1) Presencia de jasperoides 2) Zonas de ebullición representadas por calcita de textura hojosa. 3) Asociado con Mn, Sb y As 4) Presencia de esfalerita, galena y pirita. 5) Alteraciones presentes como silicificación y seritización, con una alta oxidación, la cual se considera supergénica.

En el modelo propuesto se esquematiza la presencia de un intrusivo no aflorante o apófisis del intrusivo El Peñuelo, el cual actuó como agente de transporte de fluidos mineralizantes distales, que posteriormente se fueron a depositar en fallas, fracturas y en zonas favorables entre los planos estratificación.

En la **figura 14** se muestra un segundo modelo idealizado del prospecto Las Amalias relacionada a un proceso hidrotermal, en donde las secuencias sedimentarias del Jurásico y Cretácico son afectadas por un cuerpo intrusivo, de posible composición sienítica, el cual produjo mineralización polimetálica de Zn- Cu- Pb.



EXPLICACIÓN

-  Fm. Caracol
-  Fm. Indidura
-  Fm. Cuesta del Cura
-  Fm. Aurora
-  Fm. La Peña
-  Fm. Cupido

-  Fm. Taraises
-  Fm. La Caja
-  Fm. Olvido
-  Fm. Zuloaga
-  Fm. Huizachal

-  Minas
-  Cuerpo mineralizado
-  Fracturas
-  Intrusivo Inferido

Propuesto por J.R.V. 2016

Figura 13.- Modelo idealizado de yacimiento hidrotermal

Características de formación

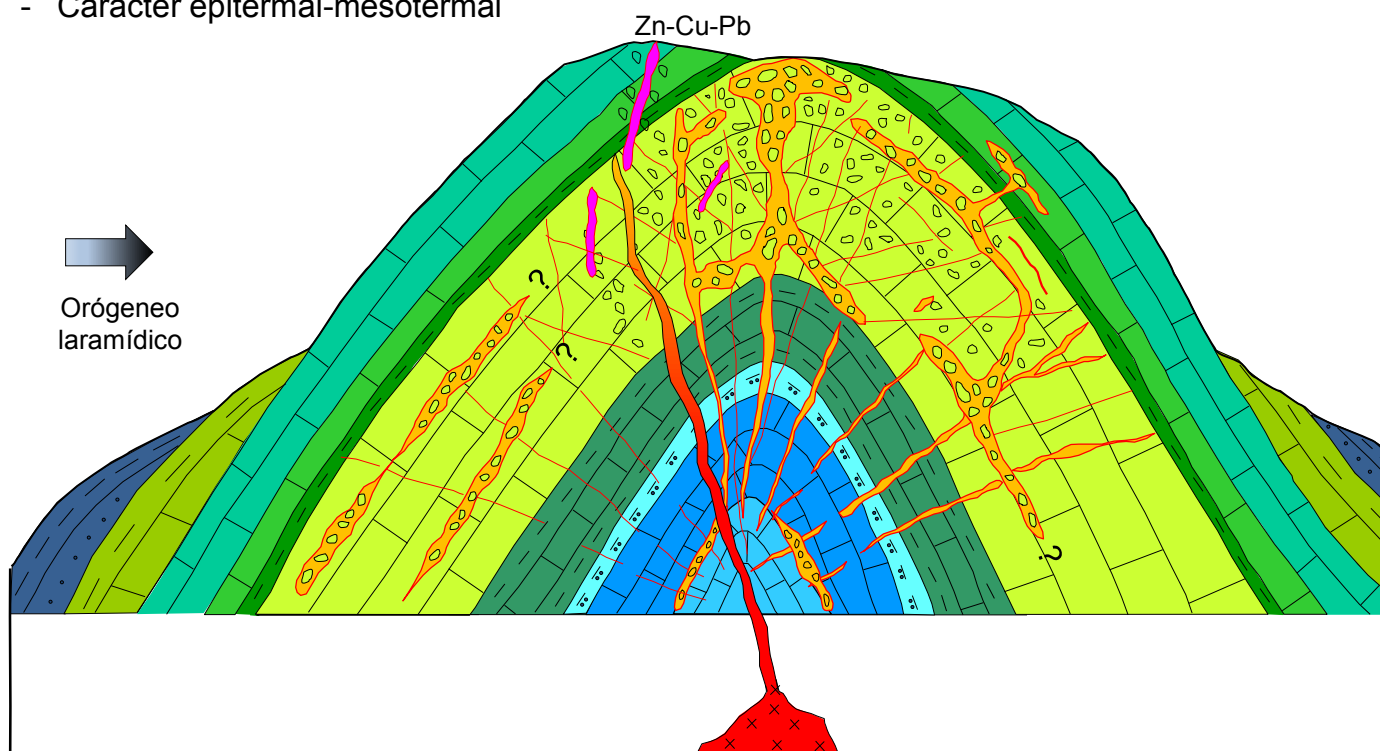
- Temperaturas (entre 137°C a 244°C), salinidad de 14.31 a 20.43% NaCl
- Presencia de jasperoides, texturas de ebullición
- Mineralización de Zn-Cu-Pb
- Relacionado a un cuerpo intrusivo
- Carácter epitermal-mesothermal

EXPLICACIÓN

- Brecha de colapso
- Cuerpo mineralizado sin-orogénico
- Conducto mineralizante
- Fractura mineralizada
- Fm. Caracol
- Fm. Indidura
- Fm. Cuesta del Cura
- Fm. Aurora
- Fm. La Peña
- Fm. Cupido
- Fm. Taraises
- Fm. La Caja
- Fm. Olvido
- Fm. Zuloaga
- Intrusivo



Orógeno
laramídico



ESCALA GRAFICA
0 50
METROS

Figura 14.- Modelo idealizado de los yacimientos polimetálicos de origen hidrotermal, ejemplificados la sección esquemática del prospecto Las Amalias

2.-Yacimientos de fosforita

Los yacimientos de fosforita ocurren en dos áreas mineralizadas: 1) La Esperanza constituida por las minas abandonadas El Buey, La Esperanza, La Cañada, La Coyota, El Molino Norte, El Molino Centro, El Molino Sur y Dolores 2) Santa Gertrudis: comprende las minas abandonadas La Odisea, El Pozo y la manifestación mineral El Rincón, el mineral de fosforita se relaciona con rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino de cuenca. Estos cuerpos estratiformes de fosforita se identificaron únicamente en la Formación La caja, interestratificados entre horizontes de limolita.

El proceso para la formación y/o depósito del mineral fosfórico comienza con el ascenso de agua marina fría, transportada por corrientes marinas desde las profundidades. Esta agua circula cerca de las costas en ambiente poco profundo, templado y con buena iluminación solar, en donde se combina el agua de diferentes temperaturas produciéndose un fenómeno físico-químico en el que por el descenso de la temperatura de las aguas se disuelve el CO_2 y el fosfato de calcio, liberándose en forma gaseosa el primero, produciendo que las aguas contengan mayor contenido de fosfato de calcio, el cual precipitan (**Figura 15**), generando sedimentos fosfatados micríticos llamados micro fosforitas, de espesores reducidos y longitudes de hasta varios kilómetros.

El mineral fosfórico ocurre como material primario en forma de oolitos (pellets), restos de braquiópodos fosfáticos unidos en un cementante frecuentemente calcáreo o arcillo-calcáreo.

3.- Yacimiento tipo *Mississippi Valley* (MVT)

Este tipo de yacimiento se considera posiblemente como una etapa primaria al depósito de la mina activa Santa Amalia, donde se explota celestina (SrSO_4) y barita (BaSO_4).

El yacimiento Santa Amalia está ubicado en el borde de la cuenca mesozoica del Centro de México. Desde el punto de vista de la evolución tectónica de la región, la formación del yacimiento se relaciona al evento compresivo de la orogenia Laramide, pero cabe la posibilidad que sea pre-laramídico.

La caliza de la Formación Aurora (Ka Cz), es la roca huésped de mineralización de sulfatos, que actualmente (noviembre de 2016), se está explotando y explorando por medio de obra minera a cielo abierto.

Localmente hay dos sistemas de fracturamiento, predominando el NE 68° SW, el cual es el más favorable para alojar mineralización.

Los minerales primarios están representados por celestina, estroncianita (?) y barita. Estos ocurren rellenando fracturas, conductos alimentadores que llegan a formar estructuras mineralizadas hasta de 0.60 m de potencia, cuerpos de forma irregular (en algunas porciones bajo la forma de ritmitas) y en zonas de brecha monolítica, en estas últimas cementando los fragmentos brechoides. Resultados de análisis químicos, reportan en promedio 83.6% de SrSO_4 y 7.35% de BaSO_4 .

En el modelo de yacimiento propuesto (**Figura 16**), está esquematizado un anticlinal donde ocurren zonas de permeabilidad ocasionadas por el evento compresivo de la orogenia Laramide, como son fracturas y zonas de brecha monolítica, a donde migraron y precipitaron los fluidos mineralizantes. La caliza dolomitizada de la Formación Aurora, también es una condición favorable para que precipitara la mineralización.

Por las características que presenta el yacimiento, como son cuerpos mineralizados epigenéticos hospedados en secuencias carbonatadas, mineralogía de mena, textura de ritmita y de relleno de espacios abiertos, se clasificó como una variante de los yacimientos tipo *Mississippi Valley* (MVT), sin embargo la mineralización fue desarrollada posterior a la mineralización metálica, que es de origen hidrotermal magmático.

Las texturas presentes son ritmitas y relleno de espacios abiertos. La alteración relacionada a la mineralización consiste de dolomitización, la cual confiere a la roca coloraciones oscuras.

Estudios de inclusiones fluidas de una muestra colectada durante los trabajos de campo, reporta temperaturas de homogeneización entre 159 °C a 218° C, la salinidad no pudo ser determinada. Los datos e temperatura no son acordes a la tipología propuesta, por lo que también se postula su origen hidrotermal en una segunda etapa, con la removilización de minera y que sirve de matriz y cementante y que es una de las variantes para la deposición del mineral de bario y estroncio.

Entre las características para considerarle como MVT se consideran que pueden corresponder a cuerpos mineralizados epigenéticos, alojados en secuencia sedimentaria marina carbonatada, la mineralogía de mena y texturas, sugieren no estar asociado a actividad

magmática, relacionado genéticamente al orógeno laramídico y temperaturas bajas de formación, entre otras, permiten clasificarlo de manera preliminar como una variante de los yacimientos tipo *Mississippi Valley* (MVT).

El potencial está orientado a que los cuerpos mineralizados continúen en la secuencia de caliza de la Formación Cupido, que en esta área ha sido estimada en espesor de 150 a 250 m (promedio de 200 m), por lo que es de esperar que la mineralización continúe por lo

menos otros 100 m, con posibilidades de encontrar otros cuerpos mineralizados a mayor profundidad, en la Formación Zuloaga.

Cabe mencionar que el yacimiento Santa Amalia es parte de una sub-provincia metalogenética de celestina y barita, que se extiende desde el estado de San Luis Potosí a Nuevo León y Coahuila (Rocha R. M., 2008).

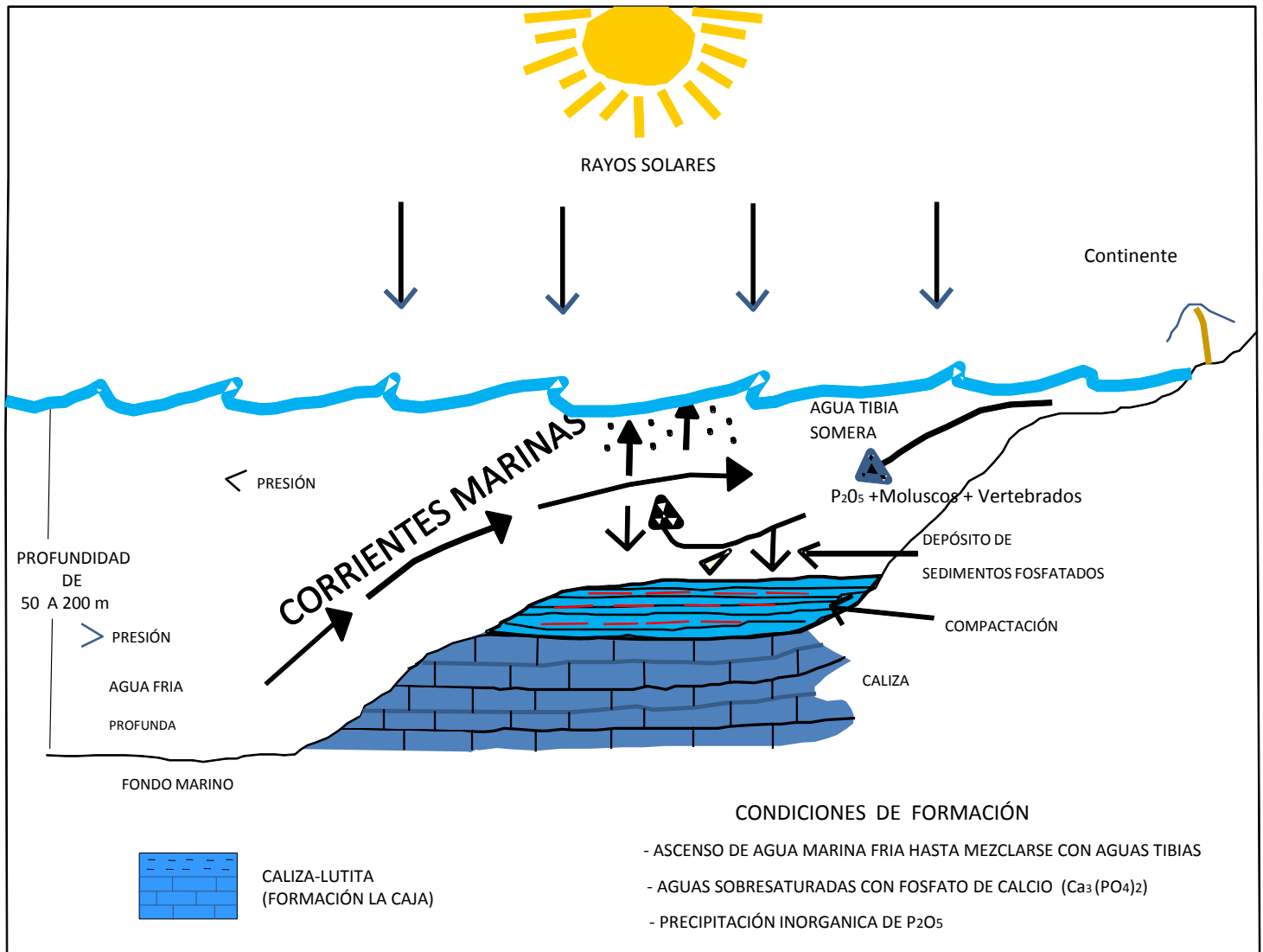


Figura 15.- Modelo propuesto de yacimiento de fosforita

Características de formación

- Temperaturas bajas (entre 75°C y 220°C)
- Hay disolución de la roca encajonante, evidenciada por brechamiento
- La alteración asociada con la mineralización es principalmente dolomitización
- No está relacionado a actividad ígnea
- Carácter epigenético

EXPLICACIÓN

Brecha de colapso

Cuerpo mineralizado
sin-orogénico

Fractura mineralizada

Fm. Caracol

Fm. Indidura

Fm. Cuesta del Cura

Fm. Aurora

Fm. La Peña

Fm. Cupido

Fm. Taraises

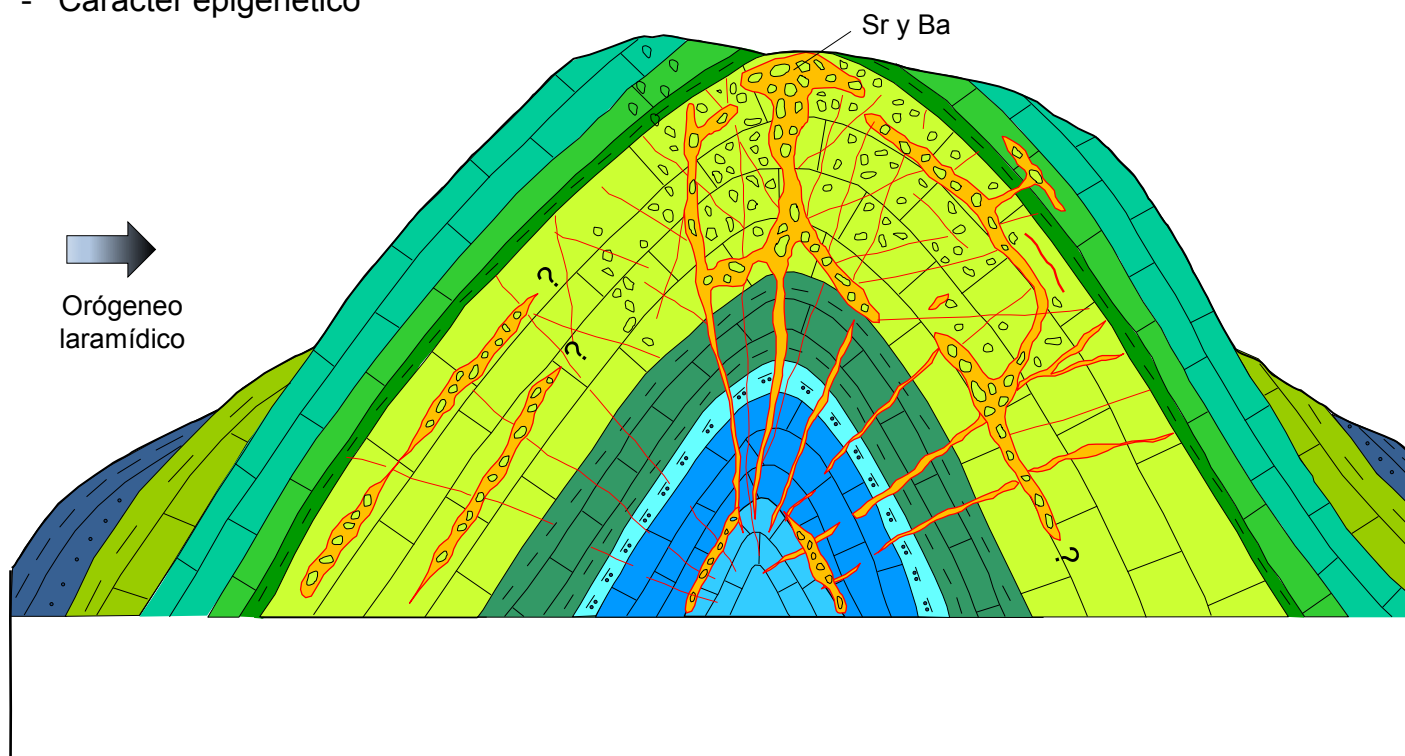
Fm. La Caja

Fm. Olvido

Fm. Zuloaga



Orógeno
laramídico



ESCALA GRAFICA

0 50
METROS

Figura 16. Modelo propuesto para el yacimiento tipo Mississippi Valley (MVT) de la mina Santa Amalia, mostrando la estructura anticlinal en la que se aloja. Los signos de interrogación indican posibles cuerpos mineralizados.

VI. GEOQUÍMICA

VI.1. Introducción

Como parte del programa de cartografía geológica-minera, se lleva a cabo un muestreo de sedimento activo de arroyo, el cual se colecta en función de una programación que toma en cuenta la densidad del drenaje de la carta, configurando pétalos de captación por cada muestra con el objetivo de delimitar el área susceptible a contener las concentraciones de los 33 elementos analizados, por lo tanto, la densidad de muestreo depende de la cantidad y tamaño de los pétalos.

El resultado se presenta en cartas por percentiles, las que se editan por elemento y en una interpretación por análisis factorial.

VI.2. Hidrografía

La carta se ubica en la Región Hidrológica El Salado, la cual forma parte de la vertiente del Golfo de México, presenta en su mayoría drenaje de tipo dendrítico y régimen intermitente.

VI.3. Parámetros geoquímicos

VI.3.1. Muestreo

Para la programación del muestreo geoquímico se utilizó la carta topográfica El Carmen con clave G14-C65 a escala 1:50,000 de INEGI, en la cual se delimitaron pétalos de captación a partir de las cuencas y subcuencas hidrológicas que caracterizan la región, considerando además la información geológico-minera existente en el área con la finalidad de ubicar localidades de muestreo que por sus características definan la concentración de iones metálicos en el sedimento de los arroyos en un área específica; dichos puntos, fueron seleccionados sobre las corrientes secundarias, metros antes de su descarga al drenaje principal.

En cada sitio programado, se colectó el sedimento activo formado por partículas finas del tamaño de los limos y arcillas con ayuda de un cucharón de plástico, tratando de eliminar todo vestigio de materia orgánica, posteriormente se tamizó a -80 mallas, depositando el sedimento cribado en bolsas de papel, realizando además, el llenado de las fichas de control.

La ubicación de las muestras se llevó a cabo con un colector de datos digital (mapa móvil) con GPS integrado, en cada localidad se toman fotografías

panorámicas y de detalle indicando el número de muestra en un pequeño pizarrón.

Se colectaron un total de 200 muestras distribuidas en una superficie de 934 km², por lo que la densidad es de una muestra por cada 4.6 km² (**Figura 17**).

VI.3.2. Análisis

Las muestras se analizaron en el Centro Experimental de Oaxaca por el método de emisión de plasma (ICP) en el que se toman lecturas de los siguientes 32 elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sc, Sn, Se, Sr, Te, Tl, U, V, W, Ti y Zn.

El Au, se analiza por ensaye-copelación-lectura en Absorción Atómica, para obtener límites de detección hasta de 1 ppb.

VI.4. Interpretación geoquímica

VI.4.1. Estudio de orientación

Los estudios de orientación se realizan en un yacimiento mineral bien definido con el propósito de obtener los elementos indicadores de la mineralización, así como los parámetros estadísticos de estos que servirán para determinar si las anomalías que se obtengan del estudio regional de la carta se encuentran dentro del valor de fondo del yacimiento, o en realidad es un valor anómalo que apoyará en la búsqueda de nuevos prospectos mineros; así mismo permiten caracterizar las distintas unidades litológicas en función de la distribución espacial de los elementos además de asociaciones litología alteración hidrotermal.

Para el presente trabajo se realizó el estudio de orientación en la mina abandonada La Luna. Se localiza en la porción suroriente de la carta, a 2.2 km al noroeste del poblado San Isidro de Berlanga, en las coordenadas 14Q 335597E 2716619N (**Fotografía 43 y Figura 18**).

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

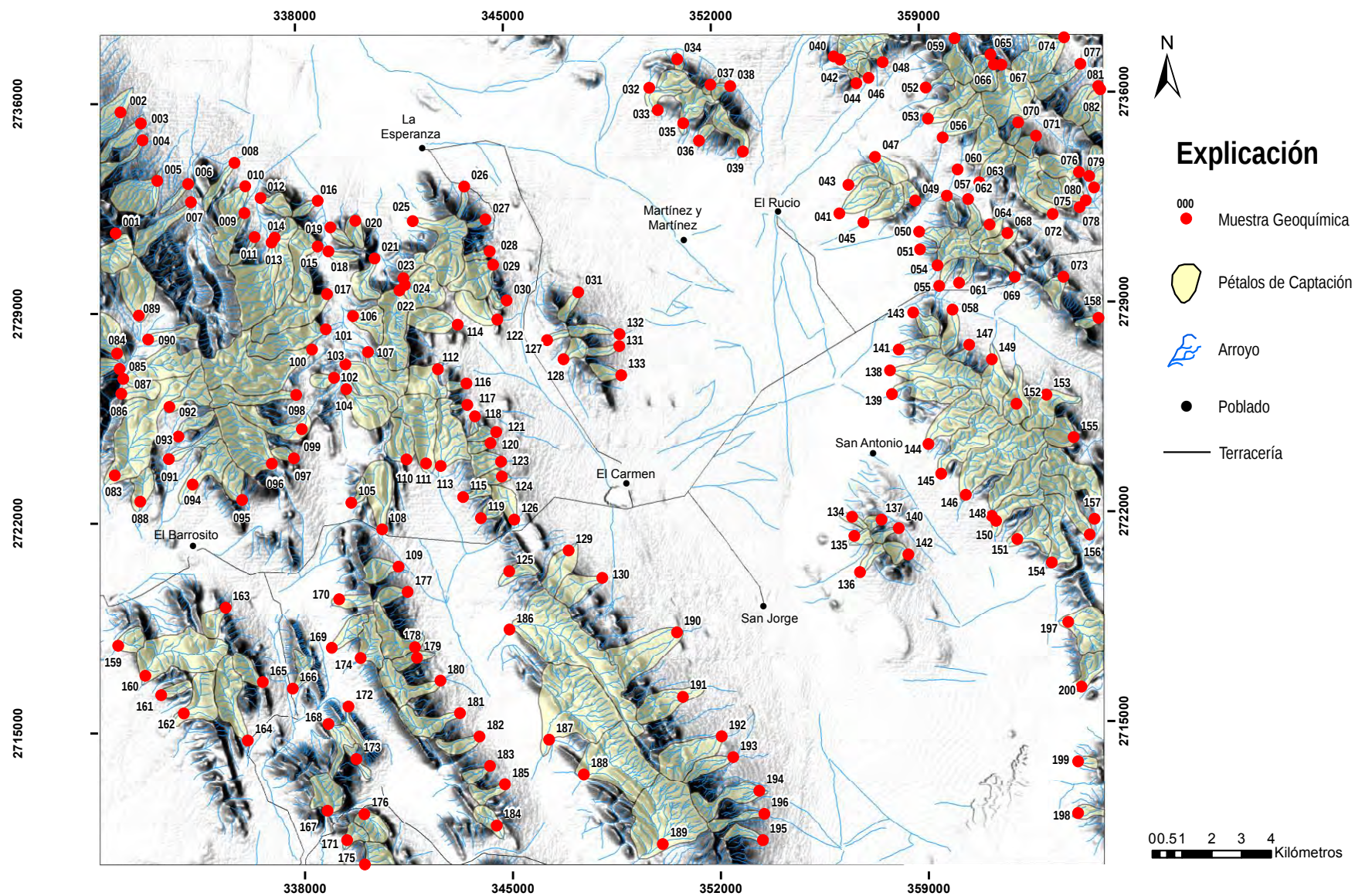


Figura 17.- Distribución del muestreo geoquímico

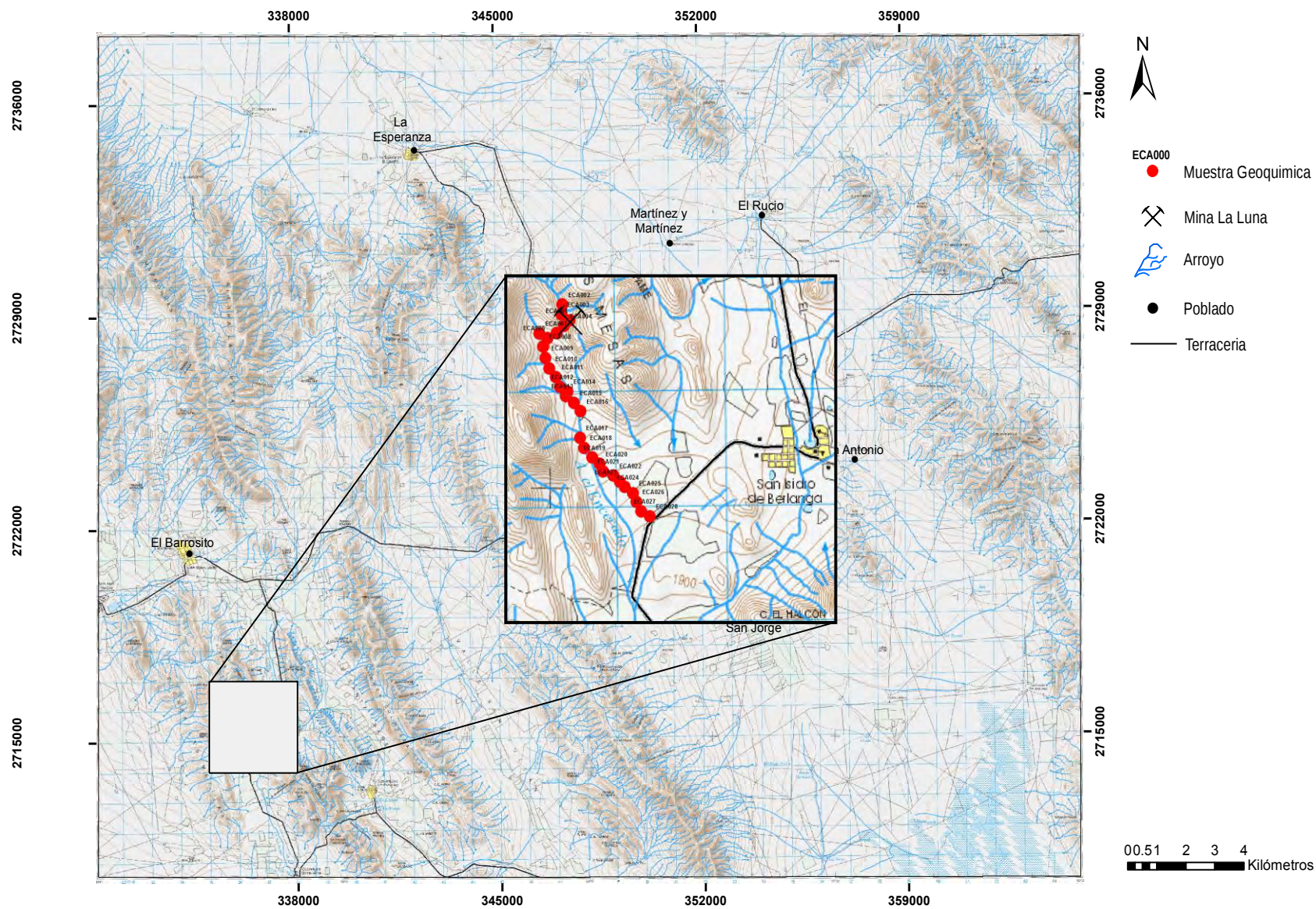


Figura 18.- Localización del área donde se realizó el estudio de orientación



Fotografía 43.- Bocamina de la mina inactiva La Luna

Forma y Dimensiones.- Consiste de un cuerpo mineralizado de forma irregular ligeramente brechado de orientación general N 62° E, no está bien definida su inclinación, en general es mayor de 30°, longitud reconocida de 20 m en interior de obra, espesor variable de 1.0 a 1.50 m y profundidad conocida de 12 m, en superficie tiene longitud de 5 m y espesor de 1.3 m.

Mineralogía.- Se aprecia calcopirita, pirita, esfalerita, cerusita, malaquita-crisocola, así como hematita, limonita, jarosita, goethita; además la ganga la integran, calcita, cuarzo, pirolusita, fluorita y calcedonia; las alteraciones presentes son oxidación, silicificación y argilitización. La roca encajonante es caliza de la Formación Cupido.

Para el estudio de orientación se tomaron 28 muestras, a una equidistancia de 100 m; entre cada una de ellas, en el arroyo que drena directamente del yacimiento (**Figura 19**).

Afinidad de elementos

Con el propósito de obtener la asociación existente de los elementos analizados, se elaboró la matriz de correlación, considerando los resultados de los elementos de la población del muestreo de orientación, mediante la cual obtenemos la relación o grado de dependencia entre dos tipos de mineralización, concepto de gran utilidad para determinar si dos elementos están asociados o si uno puede utilizarse como guía para buscar el otro.

En la matriz de correlación (**Tabla 45**), se observa objetivamente la asociación existente entre pares de elementos, la cual se representa por un valor geoquímico, conocido como coeficiente de correlación, que indica si dos elementos están asociados en el espacio y si uno puede utilizarse como guía para buscar al otro; cuando el coeficiente de correlación tiende a +1 indica una relación funcional directa entre ellos, cuando es igual a cero significa una completa independencia entre los dos elementos analizados y cuando tiende a -1 indica una relación inversa.

En el diagrama de correlación, el número de cada celda significa el coeficiente de correlación, facilitando el análisis de dependencia entre los elementos. Los rangos de 0.5 a 0.6 indican una correlación entre el par de elementos analizados, de 0.6 a 0.7 señala buena asociación y arriba de 0.7 una excelente afinidad entre los dos elementos.

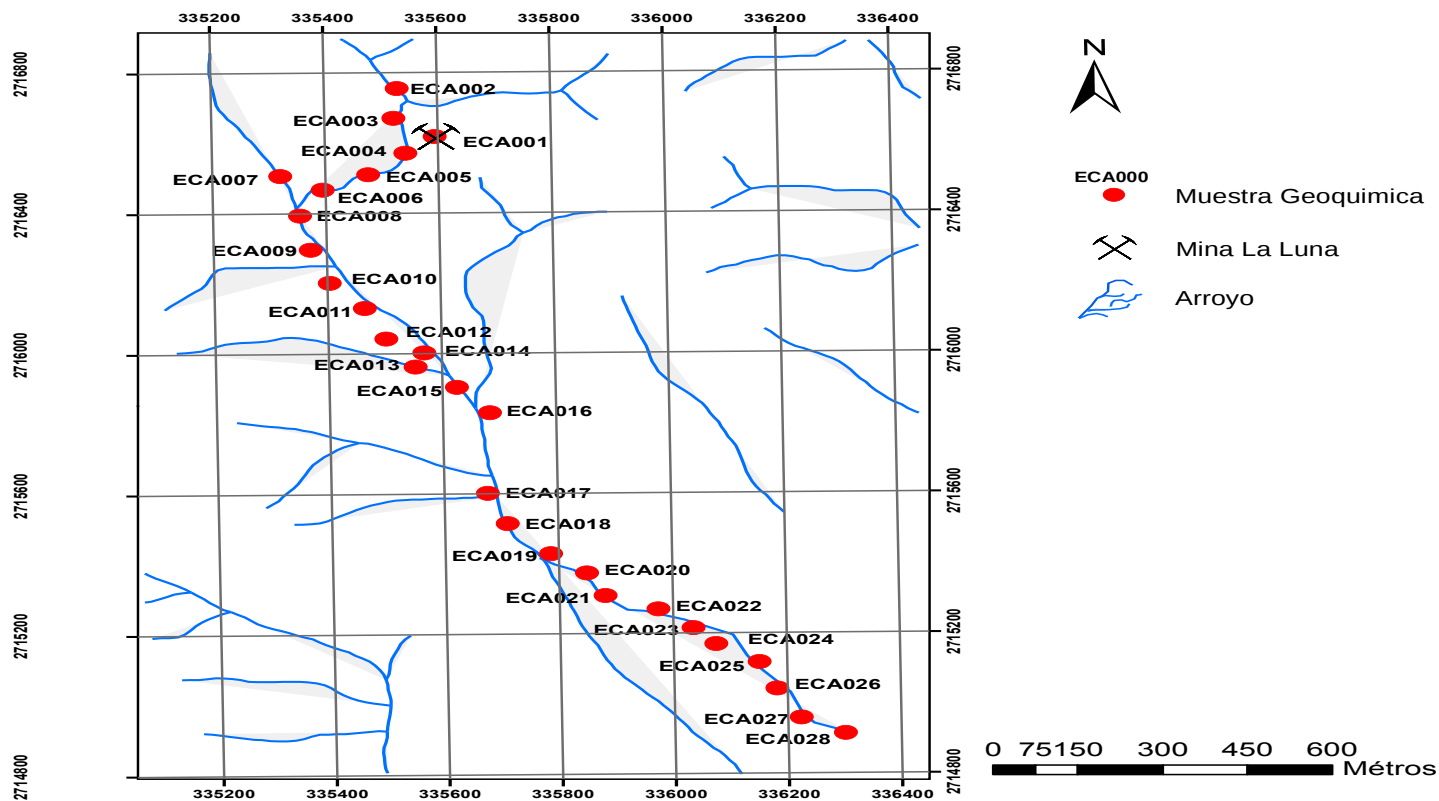


Figura 19.- Distribución del muestreo de orientación, mina La Luna

	Al	Sb	As	Ba	Ca	Cu	Sr	Fe	P	Mg	Mn	Ni	Pb	K	Na	V	Ti	Zn
Al	1.000	-.020	-.029	-.236	-.182	.089	.075	.083	.439	.455	.262	.143	.099	.664	.310	.191	.756	.299
Sb	-.020	1.000	.909	-.030	-.525	.940	.441	.817	-.170	-.500	.236	.060	.837	-.273	-.494	.922	.154	.874
As	-.029	.909	1.000	.214	-.749	.964	.628	.965	-.382	-.714	.187	-.271	.847	-.461	-.433	.941	.275	.892
Ba	-.236	-.030	.214	1.000	-.330	.079	.169	.260	-.689	-.598	-.113	-.612	-.050	-.560	-.080	-.009	-.027	-.016
Ca	-.182	-.525	-.749	-.330	1.000	-.666	-.762	-.871	.454	.604	-.244	.729	-.595	.476	-.002	-.652	-.444	-.671
Cu	.089	.940	.964	.079	-.666	1.000	.519	.925	-.215	-.600	.210	-.092	.909	-.279	-.514	.956	.296	.958
Sr	.075	.441	.628	.169	-.762	.519	1.000	.678	-.241	-.430	.087	-.593	.452	-.375	.129	.564	.430	.478
Fe	.083	.817	.965	.260	-.871	.925	.678	1.000	-.423	-.728	.212	-.431	.828	-.439	-.347	.904	.388	.897
P	.439	-.170	-.382	-.689	.454	-.215	-.241	-.423	1.000	.755	.344	.649	-.169	.800	.015	-.160	.098	-.104
Mg	.455	-.500	-.714	-.598	.604	-.600	-.430	-.728	.755	1.000	.088	.602	-.583	.761	.493	-.495	-.026	-.489
Mn	.262	.236	.187	-.113	-.244	.210	.087	.212	.344	.088	1.000	-.009	.045	.204	-.163	.206	.156	.265
Ni	.143	.060	-.271	-.612	.729	-.092	-.593	-.431	.649	.602	-.009	1.000	-.090	.641	-.197	-.045	-.218	-.064
Pb	.099	.837	.847	-.050	-.595	.909	.452	.828	-.169	-.583	.045	-.090	1.000	-.214	-.541	.842	.343	.904
K	.664	-.273	-.461	-.560	.476	-.279	-.375	-.439	.800	.761	.204	.641	-.214	1.000	.099	-.194	.266	-.081
Na	.310	-.494	-.433	-.080	-.002	-.514	.129	-.347	.015	.493	-.163	-.197	-.541	.099	1.000	-.379	.103	-.460
V	.191	.922	.941	-.009	-.652	.956	.564	.904	-.160	-.495	.206	-.045	.842	-.194	-.379	1.000	.399	.940
Ti	.756	.154	.275	-.027	-.444	.296	.430	.388	.098	-.026	.156	-.218	.343	.266	.103	.399	1.000	.464
Zn	.299	.874	.892	-.016	-.671	.958	.478	.897	-.104	-.489	.265	-.064	.904	-.081	-.460	.940	.464	1.000

Tabla 45.- Matriz de correlación del estudio de orientación.

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

Una vez obtenida la correlación existente entre los elementos analizados, se determinó el grado de afinidad entre ellos y como consecuencia los elementos indicadores de la mineralización existente

en la mina objeto de este estudio, los cuales se utilizarán en la distribución geoquímica de conjunto de anomalías de la carta en estudio (**Tabla 46**).

Cu	Zn	Pb	As
+++ Cu/As	+++Pb/Sb	+++Pb/Sb	+++As/Sb
+++Cu/Sb	+++Zn/Sn	+++Pb/As	+++As/Cu
+Cu/Sr	+++Zn/Cu	+++Pb/Fe	++As/Sr
+++Cu/Fe	+++Zn/Fe	+++Pb/Cu	+++As/Fe
+++Cu/Pb	++Zn/Sn	+++As/K	+++As/Pb
+++Cu/V	+++Zn/Pb	+++Pb/V	+++As/V
+++Cu/Zn	+++Zn/V	+++Pb/Zn	+++As/Zn

- + Elementos asociados (de 0.5 a 0.6)
- ++ Elementos que presentan buena asociación (de 0.06 a 0.7)
- +++ Elementos que presentan excelente asociación (mayor de 0.7)

Tabla 46 Asociación de elementos calcófilos

En relación a la correlación entre los elementos se consideran al Cu, Zn, Pb, As y Fe, indicadores de la mineralización del yacimiento estudiado.

Una vez determinados los elementos afines o asociados en el yacimiento, se definieron los parámetros estadísticos de cada uno de ellos, para conocer cómo se distribuyen en el espacio en relación

a los valores de fondo (*background*), umbral (*threshold*) y anómalos, los cuales se muestran en la (**Tabla 47**), estos rangos servirán como comparativos para determinar si las anomalías que se obtengan en la población total de la carta son realmente anomalías o se encuentran dentro del valor de fondo de un yacimiento.

ELEMENTO PPM	BACKGROUND	THRESHOLD	VALOR ANÓMALO
PLOMO	0 - 14.1	14.2 - 16.7	> 16.7
COBRE	0 - 30.2	30.3 - 39	> 39
ZINC	0 - 62.3	62.4 - 71.8	> 71.8
HIERRO (%)	0 - 1.3	1.31 - 1.4	> 1.4
ARSÉNICO	0 - 60.7	60.8 - 77.6	> 77.6

Tabla 47.- Tabla de parámetros estadísticos del estudio de orientación

Con la idea de determinar las características geoquímicas de los elementos litófilos, se obtuvo la relación o grado de dependencia que existe entre ellos y al graficarse en el plano de ubicación del muestreo

de orientación, se determinó a que variable geológica corresponde cada una de las asociaciones (**Tabla 48**

Asociaciones	Dependencias	Litología y /o alteraciones
Al / K	Buena Asociación	Caliza
Al / Ti	Excelente Asociación	Caliza
Ca/ Mg	Buena Asociación	Caliza
Sr / V	Asociaciones	Caliza
Mg / K	Excelente Asociación	Caliza

Tabla 48.- Asociaciones de elementos Litófilos

Al obtener la distribución de estroncio y vanadio, se puede determinar que esta asociación puntualiza la presencia de un intrusivo no aflorante en el área de estudio, como ejemplo se muestra la relación de estos

elementos, ya que la anomalía se encuentra en las mismas muestras anómalas, lo que indica una relación lineal (**Figuras 20 y 21**).

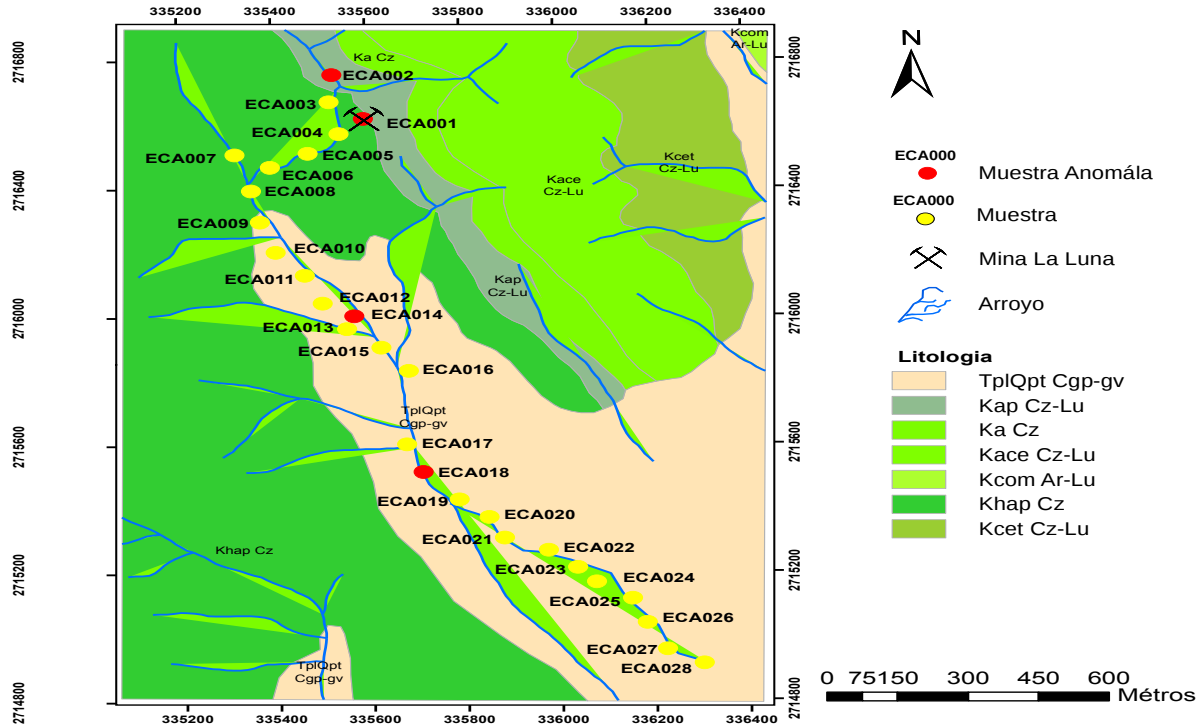


Figura 20.- Distribución del estroncio

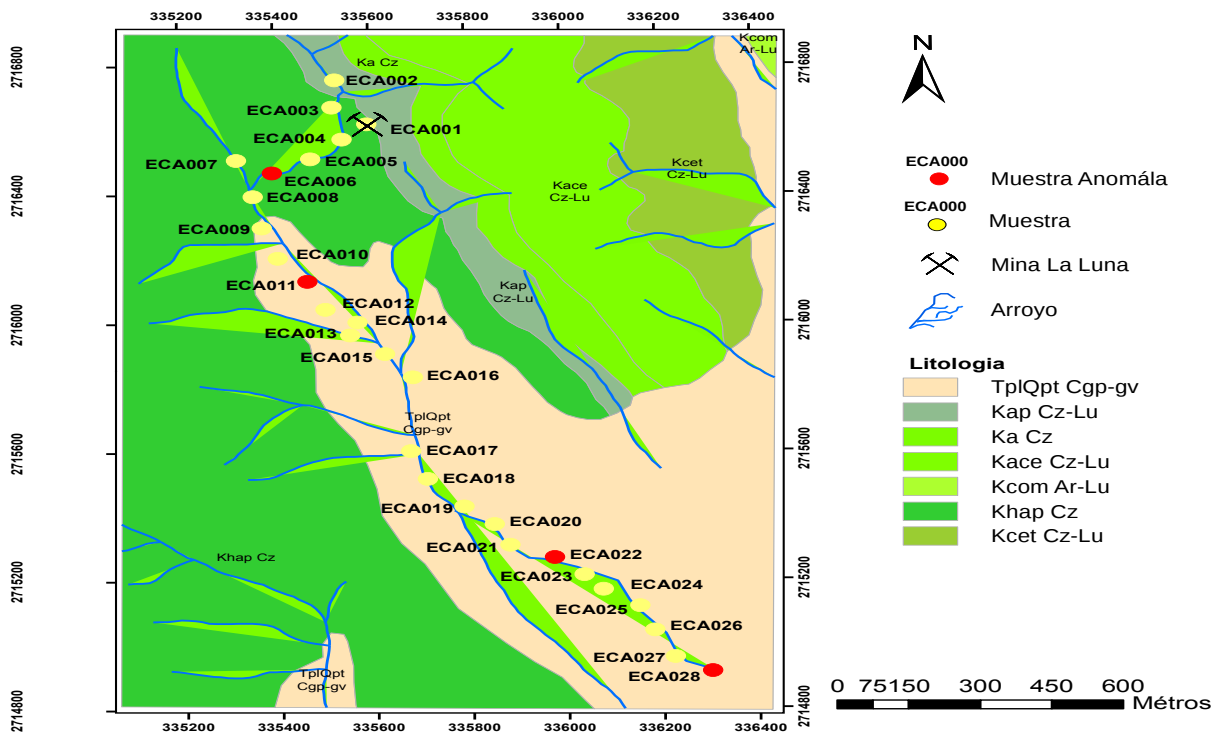


Figura 21.- Distribución de potasio

Al obtener la distribución de potasio y magnesio, se puede determinar que esta asociación define la presencia de alteraciones hidrotermales (argilización) en el área de estudio, como ejemplo se muestra potasio; pero al hacer el magnesio se encuentra en las mismas muestras, lo que indica una relación lineal (**Figuras 22 y 23**)

En la matriz de correlación lineal (**Tabla 45**) se observa que la asociación V/Sr, se asocia con los elementos metálicos Cu-Pb-Zn-Fe, formadores de sulfuros, lo cual es un indicador de mineralización mientras que por otro lado, la asociación K/Mg, se relaciona con Ca, P y Ni, lo que indica la presencia de un intrusivo profundo.

VI.4.2. Afinidad de elementos

Para definir los elementos indicadores de la mineralización en la carta, se realizó el análisis de componentes principales de la población total mediante una matriz de correlación (**Tabla 49**) que agrupa a los elementos en factores y en donde se resalta en rojo aquellos que muestran un valor de correlación mayor o igual a 0.5, lo que indica una asociación importante entre ellos, el objetivo es sintetizar el comportamiento de los elementos analizados basándose en las relaciones internas entre ellos.

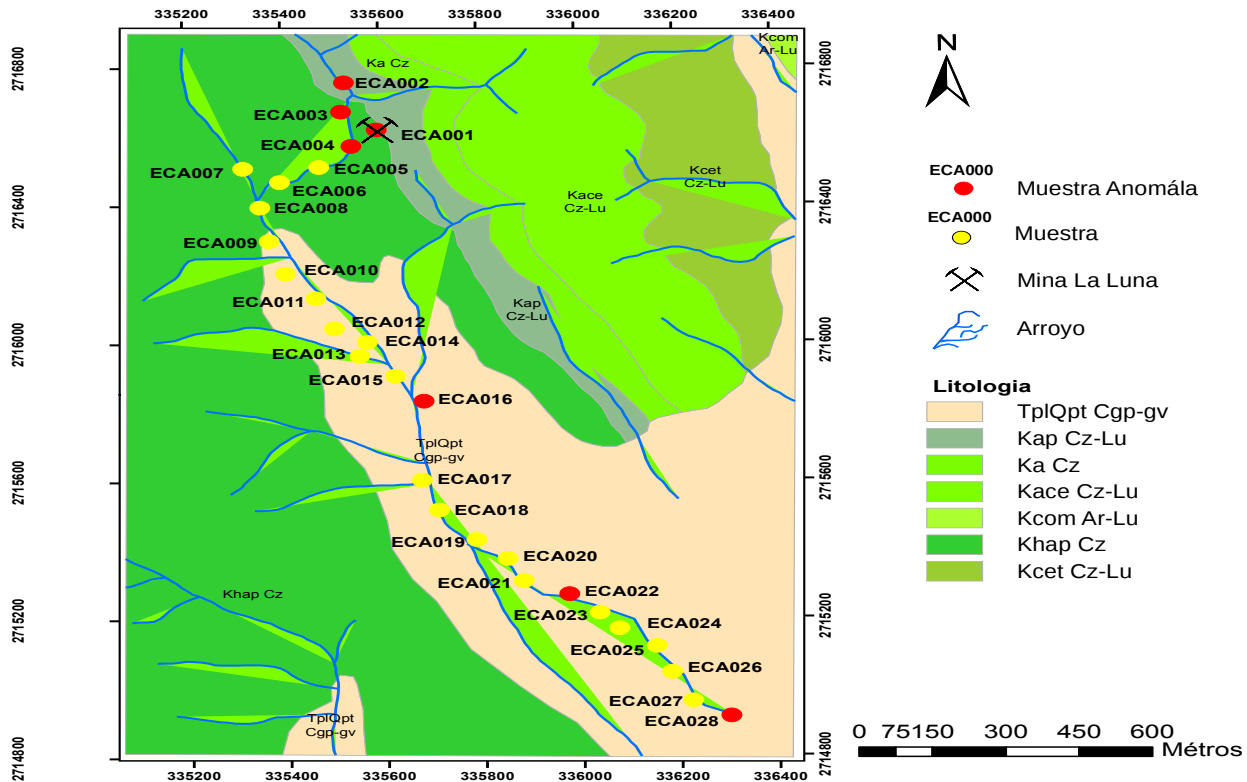


Figura 22.- Distribución de vanadio

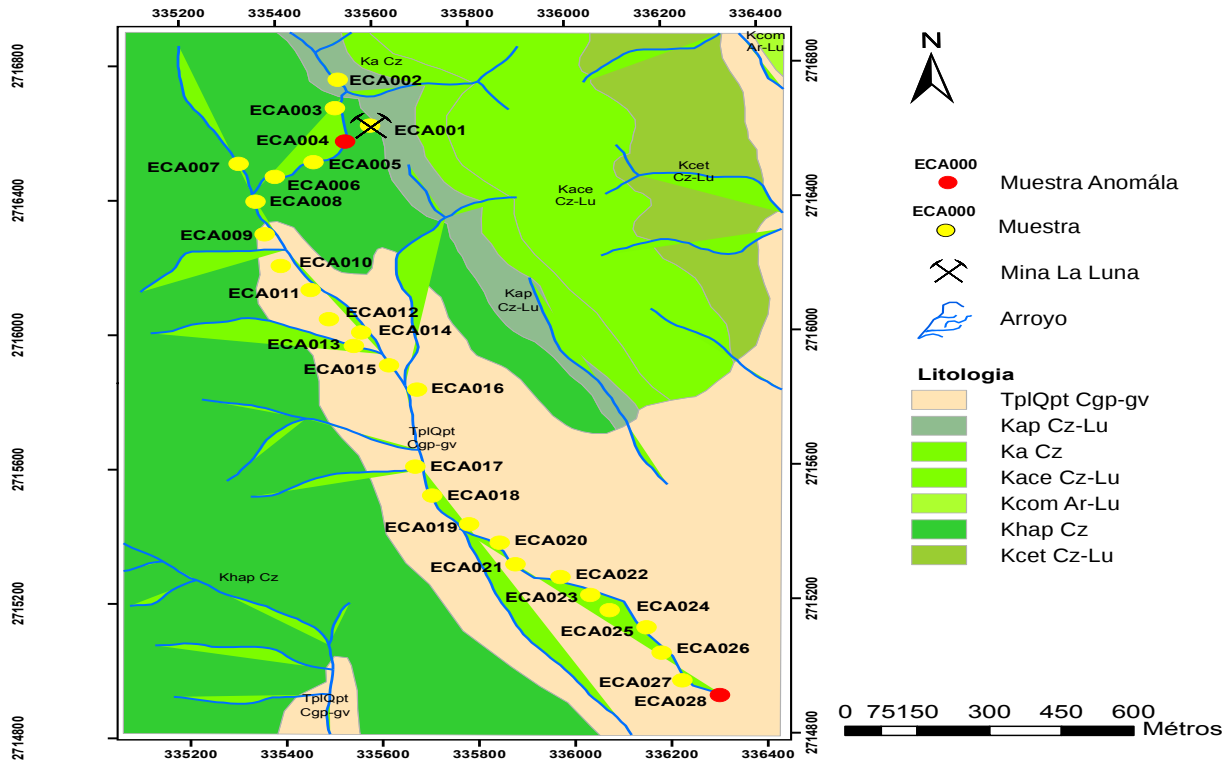


Figura 23.- Distribución de magnesio

Según la naturaleza de las asociaciones elementales y la distribución espacial se deduce:

Factor 1: Ca, Na, Al, Fe y Cu; esta asociación está formada por tres grupos de elementos: siderófilos, calcófilos y litófilos. Los siderófilos como el Fe, se caracterizan por su alta densidad, tienden a hundirse en el núcleo pues se disuelven fácilmente con el hierro, son raros en la corteza terrestre; mientras que los litófilos (Ca, Na y Al), son aquellos que permanecen en o cerca de la superficie, se combinan fácilmente con el oxígeno, lo que permite que formen fuertes relaciones con la sílice (**Tabla 50, Goldschmidt, 1926**). Y los calcófilos (Cu), tienen una fuerte afinidad por el azufre, lo que es favorable a la formación de sulfuros.

Factor 2: Cr, Ba, Sr y Ni; asociación formada por un elemento siderófilo (Cr y Ni), y litófilos (Ba y Sr). Este factor muestra dos aspectos: complementa el carácter litológico del Factor 1, destacando los afloramientos y señala zonas con presencia de manifestación mineral,

por lo que se puede definir como un factor de mineralización con influencia litológica (**Tabla 50, Goldschmidt, 1926**).

Factor 3: K, Ti y V; asociación formada por elementos de tipo litófilo y complementa al Factor 1 (**Tabla 50, Goldschmidt, 1926**).

Factor 4: As y Pb; considerado como una asociación formada de calcófilos, siendo un factor de mineralización, pues su distribución espacial además de definir ciertas unidades litológicas, señala zonas de manifestación mineral (**Tabla 50, Goldschmidt, 1926**).

Por lo tanto, los elementos indicadores de la mineralización son: Zn, Pb, Cu, As y Fe; los cuales se utilizarán para realizar tanto los mapas mono elementales, así como el mapa de conjunto de anomalías. En la (**Tabla 51**) se muestran los parámetros estadísticos utilizados.

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

ELEMENTO	FACTOR 1	ELEMENTO	FACTOR 2	ELEMENTO	FACTOR 3	ELEMENTO	FACTOR 4
Ca	.897	Cr	.769	K	.791	As	.736
Na	.834	Ba	.680	Ti	.763	Pb	.580
Al	.686	Sr	.647	V	.681	Zn	.265
Fe	.669	Ni	.556	Mn	.322	P	.229
Cu	.660	Fe	.423	Al	.199	Co	.197
Ni	.322	Cu	.282	Co	.155	Cu	.196
Ba	.306	V	.236	Cr	.142	Ni	.180
Cr	.086	Al	.229	Ba	.134	K	.165
As	.000	Ca	.168	Mg	.118	Fe	.164
Ti	-.021	Na	.156	Pb	.079	V	-.001
V	-.047	Mn	.131	P	.076	Cr	-.015
Sr	-.120	Zn	.039	Zn	.069	Mn	-.035
K	-.134	Pb	.038	Cu	.049	Al	-.042
Pb	-.165	Co	.033	Fe	.046	Ba	-.047
Mn	-.544	K	-.048	Ni	.004	Ca	-.103
Mg	-.620	Mg	-.068	Ca	-.039	Na	-.126
Co	-.735	As	-.106	Na	-.043	Mg	-.224
P	-.745	Ti	-.111	As	-.155	Sr	-.249
Zn	-.745	P	-.176	Sr	-.277	Ti	-.256

Tabla 49.- Matriz de componentes principales de la población

SIDERÓFILOS	CALCÓFILOS	LITÓFILOS	ATMÓFILOS
Fe Co Ni	Cu Ag Zn Cd	Li Na K Rb Cs	H He Ar
Ru Rh Pd	Hg In Tl Sn	Be Mg Ca Sr Ba	Kr Xe
Os Ir Pt	Pb As Sb Bi	Sc Y La Ti Zr	
(Cr) Mo W	S Se Te (Re)	TIERRAS RARAS	
Mn Re Au	(Ru) (Os) (Rh) (Ir)	Hf V Nb Ta B	
(Ga) (Ge) (P)	(Pd) (Pt)	Al (Ga) Si (Ge)	
		(P) O F Cl Br I	

Siderófilo (fase metálica): se sitúan en el núcleo de la Tierra, pues se disuelven fácilmente con el hierro, por lo que es raro encontrarlos en la corteza terrestre.

Calcófilo (fase sulfuro): son aquellos que se encuentran cerca o en la superficie, con mínima afinidad por el oxígeno y combinan fácilmente con el azufre formando sulfuros.

Litófilo (fase silicato): combinan fácilmente con el oxígeno y forman fuertes asociaciones con la sílice.

Atmófilo (gases): se encuentran en la atmósfera.

Tabla 50.- Clasificación geoquímica de los elementos (Goldschmidt, 1923).

ELEMENTO PPM	BACKGROUND	THRESHOLD	VALOR ANÓMALO
PLOMO	0 - 10.4	10.5 - 13.4	> 13.4
COBRE	0 - 21.4	21.5 - 25.2	> 25.2
ZINC	0 - 89.1	89.2 - 106.6	> 106.6
HIERRO (%)	0 - 1.3	1.4 - 1.6	> 1.6
ARSÉNICO	0 - 13	13.1 - 19.5	> 19.5

Tabla 51. Parámetros estadísticos de los elementos indicadores de mineralización

IV.4.3. Interpretación de elementos metálicos

Determinados los elementos indicadores de la mineralización, se realizaron mapas de distribución de conjunto de anomalías e individuales; las anomalías obtenidas y conjugadas con la información geológico-minera definida mediante la cartografía, permitirán determinar zonas prospectivas.

Los elementos Au y Zn, no tuvieron asociación con algún otro componente, sin embargo, se consideró hacer el análisis de este elemento por medio de mapa con curvas de isovalor con anomalía de Au y Zn, los cuales se incluirán dentro del análisis multielemental con los valores más representativos de estos elementos, y que ayudarán a poder definir posibles zonas de interés minero en esta carta.

Por otro lado, se realizó un mapa de conjunto de anomalías geoquímicas con la idea de corroborar la información obtenida en los mapas geoquímicos de los elementos indicadores, además de un mapa de zonas anómalas utilizando los pétalos de captación de cada una de las muestras que conforman la zona de anomalía geoquímica, para apreciar las superficies que ocupa cada área irregular.

Estos mapas resultantes se combinaron con otros niveles de información como: geológico, estructural y yacimientos minerales.

Distribución de la asociación del Factor 1 (Cu y Fe)

El análisis del Factor 1, representa, para esta carta la afinidad de asociación del Cu-Fe, y está marcado por la presencia de nueve pétalos anómalos, distribuidos en diversos puntos del área de la carta. De estos nueve pétalos, el que reviste mayor interés es el ubicado en la porción suroeste de la muestra de sedimento activo de arroyo marcada con el número 164, la cual pertenece a las escorrentías que drenan de la mina abandonada La Luna, en las que el análisis químico de las muestras recolectadas pone en evidencia la presencia de minerales de cobre y fierro,

tales como malaquita, hematita y limonita; además de trazas de manganeso (psilomelano). Adicional a la ubicación de la mina, la interpretación de la carta magnética de la primera derivada vertical reducida al polo manifiesta la existencia de un dipolo magnético A1, asociado a la presencia de cuerpos plutónicos félsicos sepultados.

Por otro lado, el pétalo ubicado en el sector oriental de la carta, marcado por la muestra de sedimento activo de arroyo número 158, agrupa los escurrimientos que drenan directamente de la mina activa Santa Amalia, con mineralización de estroncio y relacionada a un yacimiento *Mississippi Valley Type (MVT)*. No obstante, al no ser el Cu un elemento vinculado a este tipo de depósitos, se infiere que el origen de este es consecuencia de una sobre posición debida a un segundo evento, independiente de la mineralización que dio origen al depósito de Santa Amalia. La presencia de cobre es relacionable con la que se tiene en las localidades de La Luna y El Coyote (**Figura 24**).

Además, los pétalos de las muestras 007, 133 y 169; en el sector noroeste-centro-suroeste, ubicados sobre rocas de las formaciones Cupido (*Khap Cz*), La Peña (*Kap Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*) y Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), las cuales no se vinculan con manifestaciones minerales superficiales visibles, por el contrario, no se menosprecia la posibilidad de la existencia de fracturas rellenas por vetilleos minerales que pudiesen estar dando origen a estos pétalos anómalos.

Asimismo, los pétalos de las muestras: 041, 057, 076 y 080; se ubican en las inmediaciones del anticlinal recumbente Santa. Estos pétalos abarcan litológicamente las formaciones Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*) e Indidura (*Kcet Cz-Lu*). Dichos pétalos anómalos pudieran estar relacionados a la presencia de posibles fracturas por las que ascendieron soluciones hidrotermales, ya que la geofísica de la primera derivada vertical de campo total indica un dipolo magnético, lo que manifiesta la presencia de un cuerpo intrusivo sepultado.

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

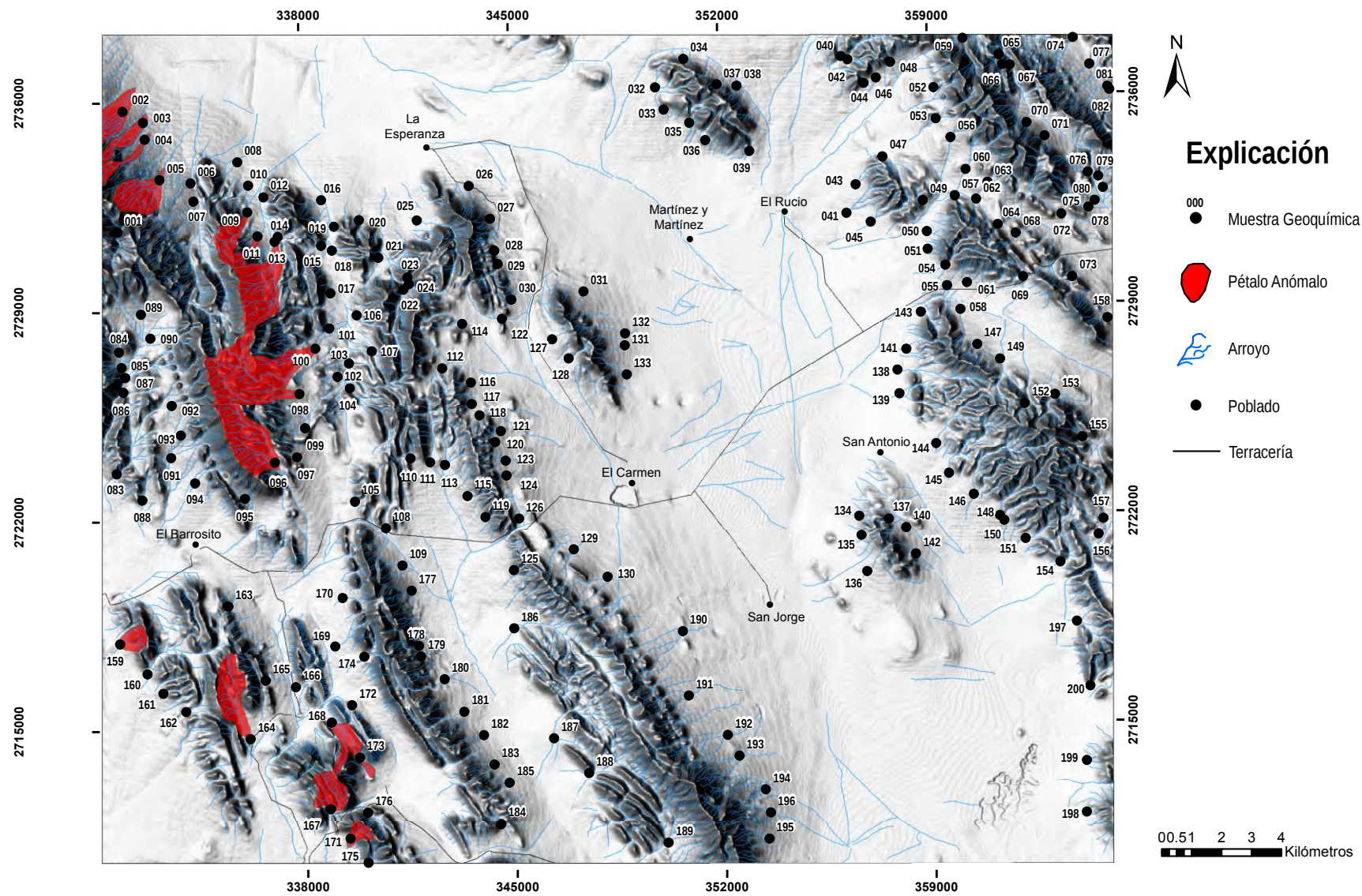


Figura 24.- Distribución geoquímica de la asociación del factor 1 (Cu y Fe).

Distribución de la asociación del Factor 4 (Pb y As).

El mapa de anomalías del Factor 4 de la carta El Carmen, representa la afinidad geoquímica del As-Pb, la cual está definida por la presencia de 16 pétalos anómalos, ubicados en el extremo occidental de la carta. De estos, el pétalo marcado con el número de muestra 164, reviste mayor importancia al relacionarse con la mineralización de cobre y hierro observada en la mina abandonada La Luna. Por lo tanto, la asociación del Factor 4 posiblemente se debe a la presencia de esta localidad minera, destacando la importancia que tiene el arsénico, como elemento traza, al ser conductor en la deposición de otros elementos químicos.

Asimismo, los pétalos de las muestras 167, 168, 171 y 173, localizados en el suroeste de la carta, en las inmediaciones de los cerros El Halcón y El Rayón, ubicados sobre rocas de las formaciones Caracol (*Kcoss Ar-Lu*), Indidura (*Kcet Cz-Lu*), Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*), La Peña (*Kap Cz-Lu*) y Cupido (*Khap Cz*), de las cuales las formaciones receptoras de la mineralización son: Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*) y Cupido (*Khap Cz*).

Estructuralmente se observan las fallas inversas Las Mesas 2 y Las Colmenas, las cuales fueron afectadas por una falla lateral denominada San Antonio, por lo que se infiere que esta anomalía proviene de soluciones hidrotermales, que están ligadas a la estructura de la carta (**Figura 25**).

En contraparte, en los pétalos de las muestras 096, 098 y 100; no fueron observadas manifestaciones minerales, vetilleos o alteraciones que pudiesen dar pista del origen de estas anomalías. Sin embargo, el análisis geofísico de la carta magnética de la primera derivada vertical del campo total, muestra un ligero aumento en la respuesta magnética del tipo A1, relacionada a cuerpos intrusivos félsicos sepultados.

La anomalía correspondiente al pétalo de la muestra 159, se localiza en el sector este del anticlinal Las Mesas, cubriendo parcialmente afloramientos de las unidades Indidura (*Kcet Cz-Lu*), Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*), La Peña (*Kap Cz-Lu*) y Cupido (*Khap Cz*). A 1 km se encuentra la falla lateral denominada "El Corral". Esta anomalía no se asocia a ninguna mina, prospecto o cuerpo mineralizado reconocido en los trabajos de campo, pero la geofísica de Campo Total, indica la presencia de un cuerpo intrusivo profundo no aflorante. Por lo cual, la

existencia de fracturas rellenas por vetilleos minerales pudiesen estar dando origen a este pétalo anómalo.

Además, los pétalos de las muestras 002, 003, 004, 005, 009, 011 y 013, localizados en el sector noroeste de la carta, ubicados sobre rocas de las formaciones Indidura (*Kcet Cz-Lu*), Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*), La Peña (*Kap Cz-Lu*), Cupido (*Khap Cz*), Taraises (*Kbeh Cz-Lu*), La Caja (*JkKbe Lm-Cz*) y Zuloaga (*Jo Cz*), donde las anomalías no se vinculan con manifestaciones minerales superficiales visibles, sin embargo, esta anomalía está directamente relacionada con las estructuras presentes en la carta, que fue por donde las soluciones hidrotermales pudieron emplazarse.

Distribución de oro

El mapa geoquímico de Au, está compuesto por nueve pétalos anómalos, distribuidos principalmente, en la porción noreste de la carta, aunque también se observan un par de pétalos hacia la esquina suroeste, y uno más en el sector noroeste.

En la porción noreste la geología está dominada por rocas calcáreas y calcáreo-arcillosas, en las inmediaciones de la estructura del tipo anticlinal recumbente denominada Santa Gertrudis, se encuentra el pétalo anómalo de la muestra de sedimento activo de arroyo marcada con el número 053, está relacionado a la presencia de la mina inactiva denominada La Sierra, donde se tomaron las muestras EC002, EC003 y EC004, las cuales arrojaron valores de 0.4 a 1.7% de Pb y 0.38 a 0.64% de Zn, con trazas de As y Mn.

Donde también se localizan los pétalos anómalos de las muestras de sedimento 056 y 063, por lo tanto, se infiere que estas anomalías están directamente relacionadas a las mismas características litológicas y estructurales.

La anomalía que corresponde a los pétalos de las muestras 041, 051 y 057, se localiza en la porción noreste de la carta en el sector noroeste del anticlinal La Cuesta hacia su flanco este-oeste; esta cubre parcialmente afloramientos de las unidades Indidura (*Kcet Cz-Lu*) y Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*). Dichas unidades se encuentran afectadas por la falla normal denominada "El Puerto". Las anomalías no se encuentran asociadas directamente con las minas abandonadas El Puerto, Los Mulatos y Los Lobitos, pero las condiciones litológicas y estructurales, así como geoquímicas nos permiten decir que posiblemente a profundidad los valores del Au

aumenten, ya que los cuerpos mineralizados en forma de veta detectados en las localidades mencionadas, se encuentran emplazados en fallas que probablemente sean componentes de la falla “El Puerto”.

Aunado a la existencia de un cuerpo intrusivo, el cual pudiera ser el que generó las soluciones que ascendieron y emplazaron la mineralización en las fallas antes mencionadas. En dichas minas se colectaron las muestras: EC030, 031, 033, 034 y 035, que arrojaron los valores promedio de: 0.001 a 0.012% de Cu, además de 1 a 3% de Cd y de 0.001 a 0.014% de As. Más sin embargo, presentan trazas de Ag con 2 a 4 g/t y de Mo de 0.001 a 0.008%.

La muestra 011 se ubica al poniente del anticlinal La Tomita, en donde se infiere que esta anomalía proviene de soluciones hidrotermales, que están ligados a la estructural de la carta, ya que presenta las mismas características litológicas encontradas en los yacimientos ubicados dentro de la carta.

Por otra parte, los pétalos anómalos de las muestras 168 y 173, localizadas en el sector suroeste, ubicados sobre rocas de la Formación Caracol (*Kcoss Ar-Lu*), Indidura (*Kcet Cz-Lu*), Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*), La Peña (*Kap Cz-Lu*) y Cupido (*Khap Cz*), no se vinculan con minas abandonadas ni con manifestaciones minerales superficiales visibles; sin embargo, existe una falla inversa denominada “Las mesas 2”, por donde ascendieron las soluciones hidrotermales que originaron estas anomalías (**Figura 26**).

Distribución de zinc

La distribución geoquímica del zinc dentro de la carta El Carmen, viene dada por la existencia de siete pétalos anómalos con concentraciones mayores a 142 ppm, distribuidos de las porciones centro-oeste a centro-este de esta.

De estos, los pétalos marcados con los números de muestras: 057, 068 y 069, cubren las formaciones Caracol (*Kcoss Ar-Lu*) e Indidura (*Kcet Cz-Lu*), las cuales se encuentran en el oriente del anticlinal La Cuesta y al poniente del sinclinal La Flecha, y no se vinculan con manifestaciones minerales superficiales visibles. Sin embargo, al sureste del anticlinal La Cuesta, se encuentra el prospecto denominado Las Amalias, en donde se tomaron las muestras de esquirla EC059, 060, 061 y 062, con valores promedio de: 0.22 a 16.38% de Zn y 0.019 a 5.12 de Cu, además de 0.003 a 1.56% de As. Así mismo, presentan trazas de Ag con 1 a 19 g/t. Dadas las condiciones litológicas de la carta, se deduce que

estas anomalías están ligadas a este tipo de manifestaciones minerales.

En la porción centro-norte, se ubica un pétalo anómalo correspondiente a la muestras de sedimento 025, que drena de las formaciones Caracol (*Kcoss Ar-Lu*), Indidura (*Kcet Cz-Lu*), Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), Aurora (*Ka Cz-Do*), La Peña (*Kap Cz-Lu*), Cupido (*Khap Cz*), Taraises (*Kbeh Cz-Lu*), La Caja (*JkKbe Lm-Cz*), Olvido (*Jok Y-Cz*) y Zuloaga (*Jo Cz*). Dichas unidades se encuentran afectadas por la falla lateral denominada “El Camino”. La anomalía se encuentra asociada directamente con la mina abandonada “La Cañada”, en donde se tomó la muestra de esquirla EC028, que arrojó valores de Zn y Mn.

Por otra parte, en el pétalo anómalo 155, localizado en el centro-este, se reconoció la mina metálica inactiva El Ventarrón, conteniendo mineralización de Zn, Cu y Pb. En dicha mina abandonada se recolectaron las muestras de esquirla EC057 y 058, con valores de 5.3 a 10.2% de Zn y 4 a 59 g/t de Ag.

Los pétalos anómalos 089 y 142, están ubicados al noroeste (089) y al sureste (142) de la carta, dichos pétalos drenan directamente de las formaciones Indidura (*Kcet Cz-Lu*) y Cuesta del Cura (*Kace Cz-Lu*), aunque no se encuentran evidencias minerales visibles que pudiesen estar relacionadas a la existencia de estas anomalías, se infiere que están siendo originadas por las estructuras, ya que tienen características similares a las que se han encontrado en los yacimientos presentes en la carta. Además, en la interpretación de la carta magnética de la primera derivada vertical reducida al polo, existe la presencia de un dominio magnético A1, asociado a rocas intrusivas félsicas sepultadas (**Figura 27**).

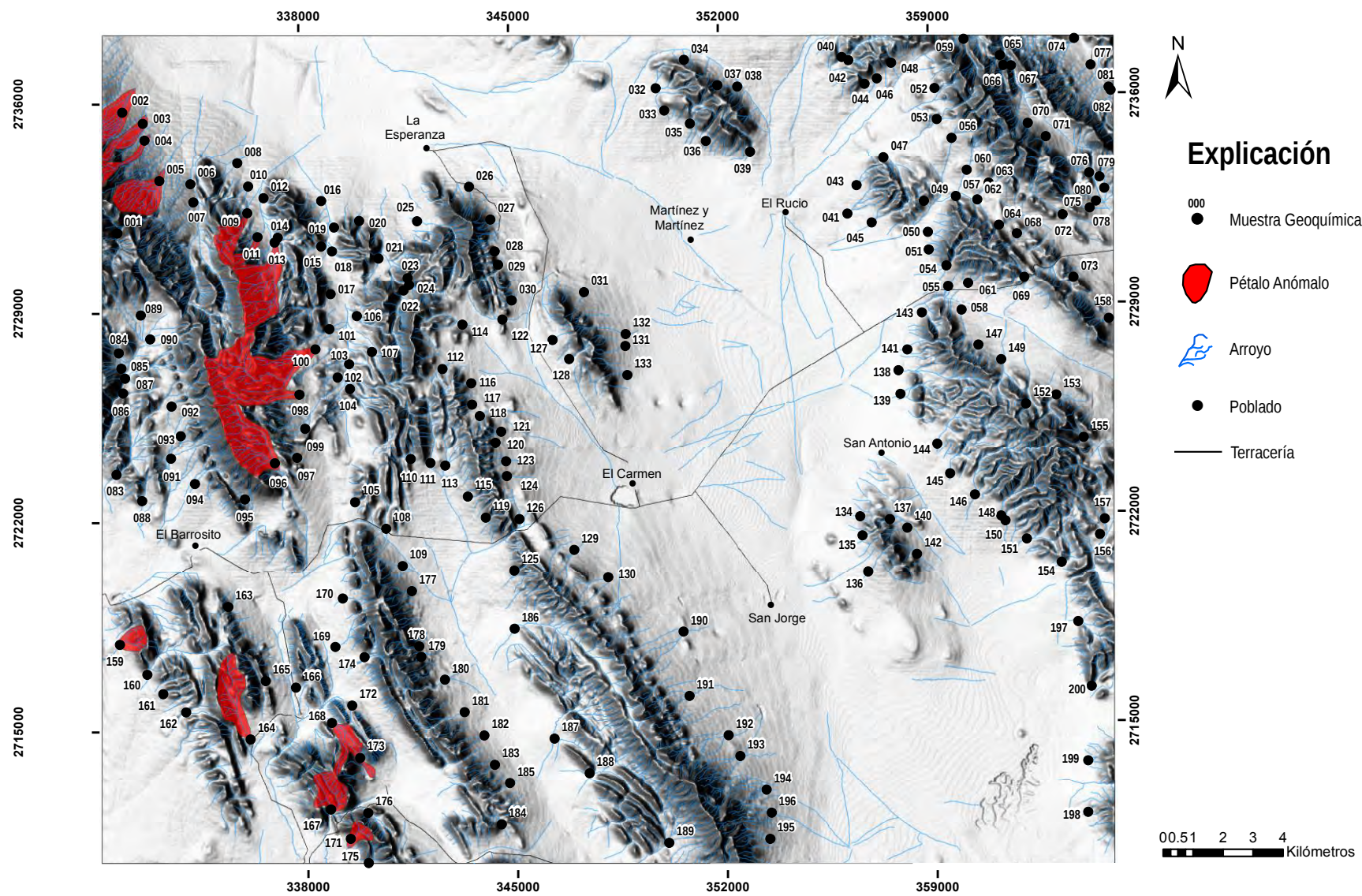


Figura 25.- Distribución geoquímica de la asociación del factor 4 (Pb y As)

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

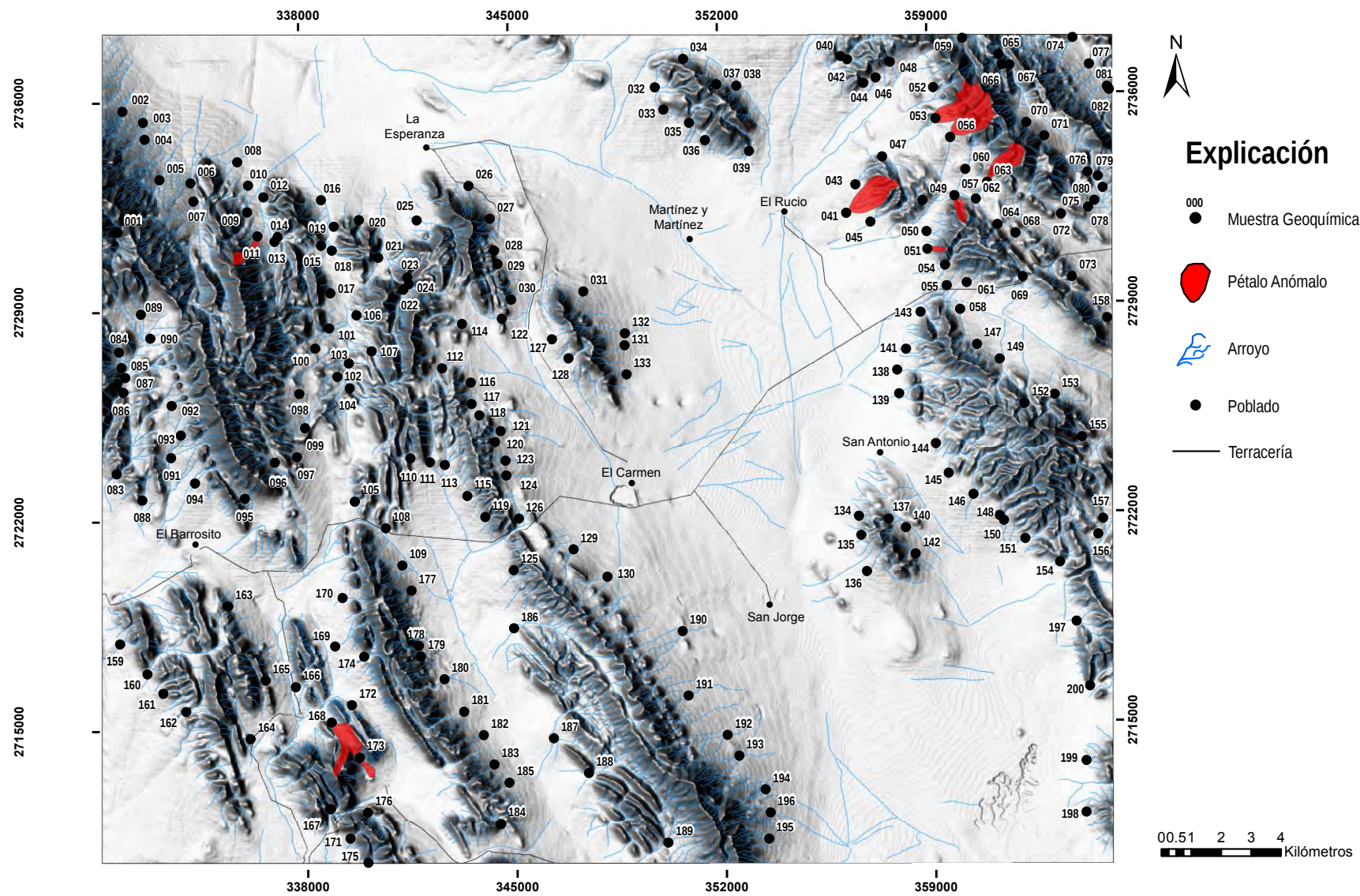


Figura 26.- Distribución geoquímica de oro (Au).

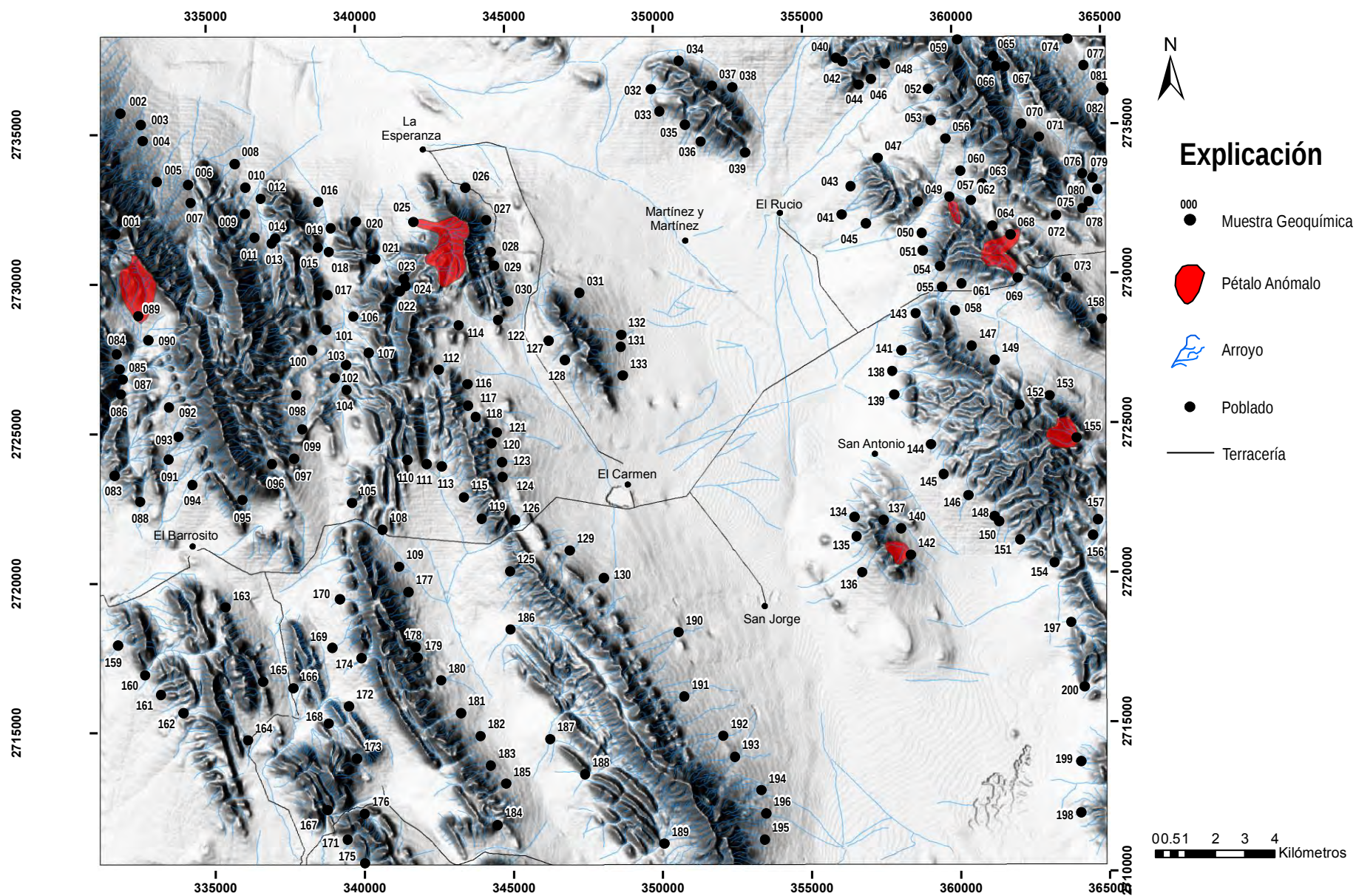


Figura 27.- Distribución geoquímica del zinc (Zn).

Conjunto de anomalías geoquímicas

Se elaboró un mapa de conjunto de anomalías (**Figura 28**), en el cual se consideraron los elementos indicadores de la mineralización: Cu, Zn, Pb, As, Au y Fe.

Las anomalías se distribuyen formando áreas anómalas de diferentes dimensiones, cuya naturaleza es variable y puede tratarse de pequeñas zonas anómalas, en posible relación con mineralizaciones concretas, o bien de áreas más amplias y menos definidas pero con influencia de ciertas características geológicas, que las convierten en zonas de interés para prospección más detallada.

Se definió un área anómala (**Figura 29**).

Área de anomalía geoquímica 1. Se encuentra en la porción noreste de la carta, en las inmediaciones de la localidad Santa Amalia y El Rucio. Geoquímicamente presenta valores anómalos de: Cu, Zn, Fe y Au. Por otro lado, geológicamente se asocia a las formaciones sedimentarias: *Caracol* (Kcoss Ar-Lu), *Indidura* (Kcet Cz-Lu), *Cuesta del Cura* (Kace Cz-Lu), *Aurora* (Ka Cz-Do), *La Peña* (Kap Cz-Lu), *Cupido* (Khap Cz) y *Taraises* (Kbeh Cz-Lu).

De manera local, las muestras que componen la anomalía, presentan las siguientes características: Las muestras de sedimento activo de arroyo 049, 051, 053, 056, 057, 060, 062, 063, 064 y 068; presentan valores anómalos de hasta 15 ppb de Au, 32 ppm de Cu, 14 ppm de Pb, 147 ppm de Zn, 2.32% de Fe, 20.1 ppm de As, 1170 ppm de Mn, 100 ppm de V y 4 ppm de Mo.

Estructuralmente, el área se ubica entre dos estructuras de tipo anticlinal y un sinclinal, también se localiza una falla normal inferida. Las estructuras presentes en el área son anticlinales recumbentes que se denominaron Santa Gertrudis y La Cuesta, con rumbo general N 36° W.

Dentro de esta área de anomalía geoquímica, se encuentran tres minas abandonadas denominadas "El Mulato", "El Puerto" y "La Sierra", en donde se tomaron las muestras de esquirla EC002, 003, 004, 033, 034 y 035, las cuales arrojaron valores de hasta 0.64% de Zn, 1.79% de Pb, además trazas de As, Ag, Mn y Mo.

Estas características litológicas-estructurales condicionan y controlan la mineralización observada en las minas abandonadas.

VI.5. Resultados

Teniendo como objetivo principal la delimitación de áreas anómalas prospectivas, se llevó a cabo el muestreo de sedimento activo de arroyo regional, obteniendo una población final de 200 muestras. Se realizó un tratamiento estadístico multivariable utilizando la técnica de componentes principales y a partir de su distribución espacial y asociaciones geoquímicas, se definió un área anómala:

Área anómala 1, por Au, Cu, Fe y Zn.

Teniendo como base la vinculación que guardan los elementos calcófilos resultantes de la matriz de componentes principales, la mineralización de la carta parece guardar relación con un evento hidrotermal de baja a moderada temperatura, que afectó las rocas y/o formó los depósitos de tipo hidrotermal relacionados a un intrusivo.

Las áreas anómalas delimitadas en este estudio, pueden servir como guía en trabajos de exploración minera a semidetalle, con el objetivo de encontrar zonas de interés para el emplazamiento de yacimientos minerales metálicos de: Au, Cu, Zn y Pb. Siguiendo un esquema de exploración basado en encontrar zonas con intersección de fracturamiento, sobre la zona anómala geoquímicamente y cercana a anomalías magnéticas características de intrusivos no aflorantes.

VI.5.1. Conclusiones

1.- Los elementos que definen la mineralización de la carta, se obtuvieron a partir de la matriz de componentes principales de la población final, siendo estos: Cu, Zn, Pb, As, Au y Fe.

2.- A partir del tratamiento estadístico de los resultados obtenidos en el laboratorio, se identificó un área anómala.

3.- Esta área anómala, se podría estar presentando por las características geoquímicas y geológico-estructurales, lo que generó la mineralización hidrotermal de sulfuros.

VI.5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar trabajos geológicos a mayor detalle por medio de reconocimiento de campo, debido a que podrían existir manifestaciones minerales de sulfuros de Pb y Zn, y de tipo aurífero en la porción noreste de la carta.

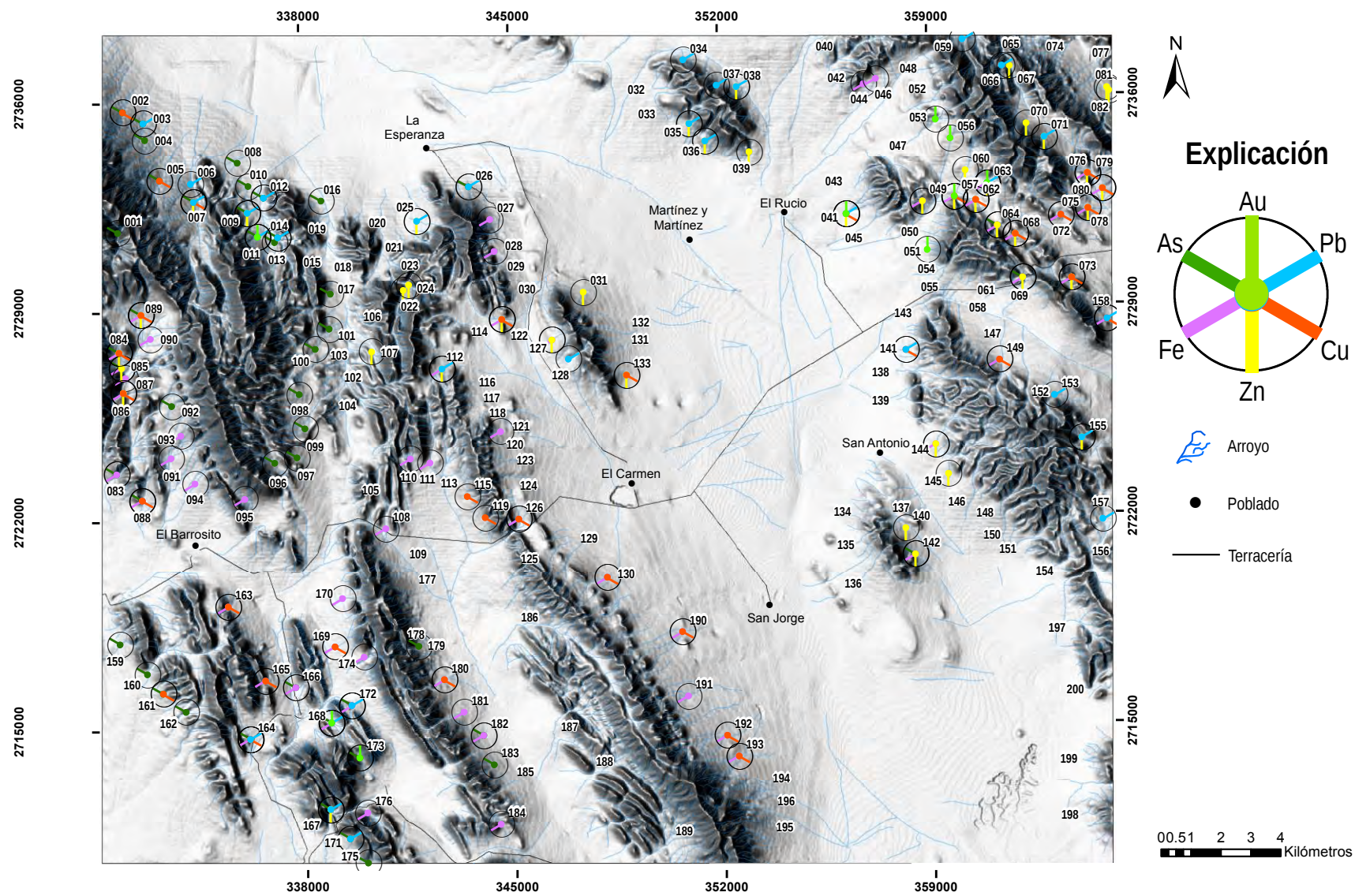


Figura 28- Plano de conjunto de anomalías geoquímicas

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

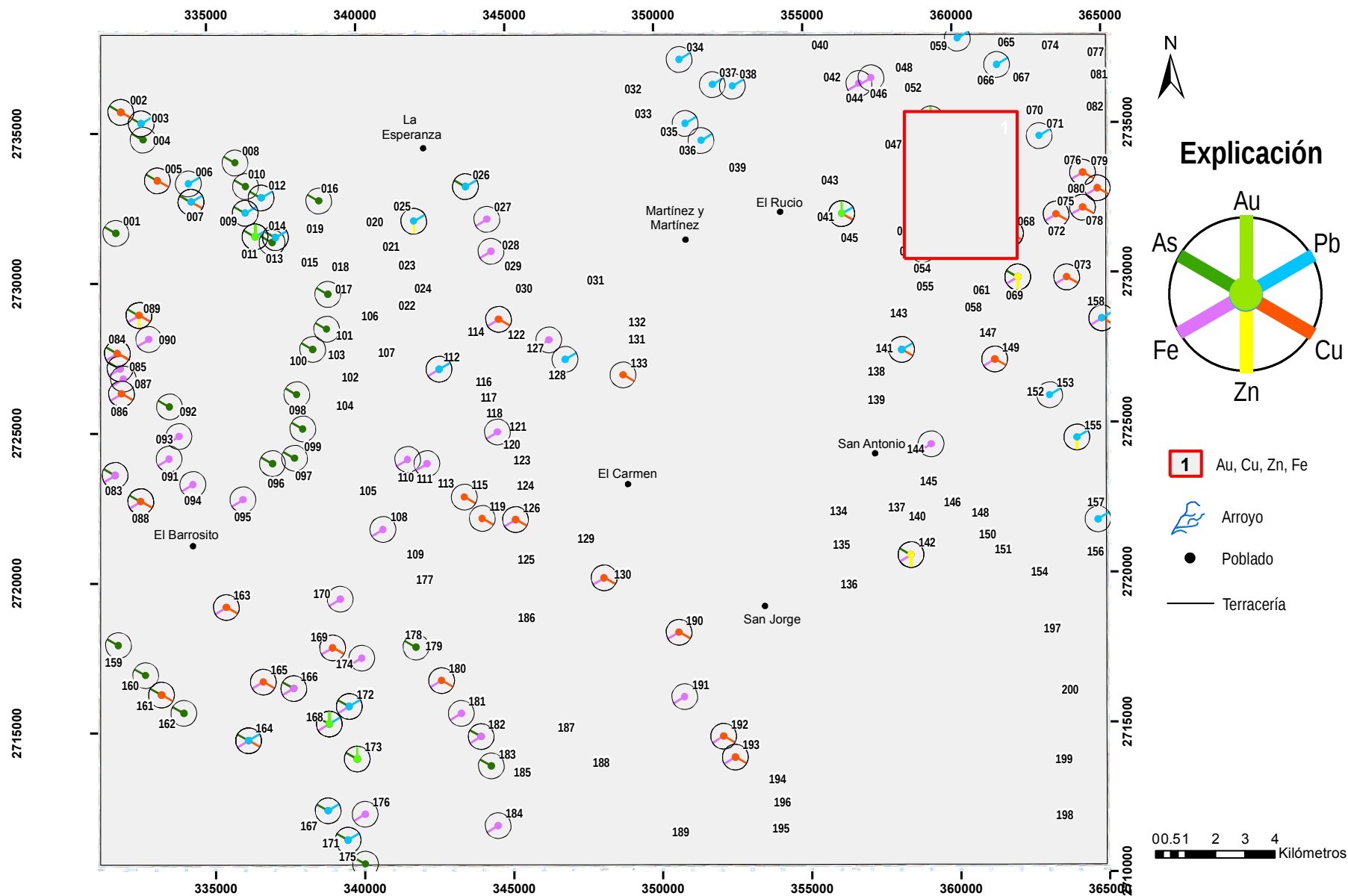


Figura 29.- Plano de áreas anómalas

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1. Conclusiones

Se cartografiaron 14 unidades litoestratigráficas, las cuales varían en edad del Jurásico superior (Oxfordiano) al Cuaternario (Holoceno). Las unidades cuyas edades corresponden al Mesozoico están relacionadas a la sedimentación de la cuenca Mesozoica del Centro de México.

La orogenia Laramide, ocurrida a fines del Cretácico - principios del Paleógeno, fue el evento tectónico que causó efectos, ocasionó estructuras compresionales en las secuencias sedimentarias, jurásicas y cretácicas depositadas en la cuenca Mesozoica del Centro de México.

La geología estructural está representada por un conjunto de anticlinales y sinclinales simétricos y volcados hacia el noreste y al suroeste, relacionados genéticamente a la orogenia Laramide, asimismo, fallas inversas se relacionan a este evento orogénico. Posteriormente, fallas de tipo normal, están relacionadas a un segundo evento de relajación y reacomodo tectónico postlaramídico.

El cambio de facies entre las formaciones Indidura-Agua Nueva y Caracol-San Felipe, propuesto por Padilla y S., R. J., 1978, en las sierras Las Vallas, ubicada en el sector central de la carta, no fue reconocido durante los trabajos de campo, por lo que los autores del presente trabajo difieren con su propuesta. Considerando en este trabajo que las unidades cartografiadas corresponden solo a la secuencia de la cuenca Mesozoica del Centro de México, no encontrando elementos que se puedan considerar de la Sierra Madre Oriental.

Los yacimientos minerales de la carta están representados, principalmente, por mineralización no metálica: 12 localidades de fosforita y una de fluorita, así como una mina y un prospecto de carbonato de calcio, además de una mina activa de celestina. Por su parte, las asociaciones metálicas se reconocieron en cuerpos irregulares y vetiformes de Zn-Cu-Pb; Fe-Pb-Zn y Fe-Au-Cu, principalmente, así como tres minas de Mn, ambos tipos de yacimientos están distribuidos en tres áreas mineralizadas: 1) San Isidro 2) La Esperanza 3) Santa Gertrudis.

Respecto a los yacimientos de fosforita (P_2O_5) ubicados en el área mineralizada La Esperanza, entre los que se tienen las minas inactivas o abandonadas La Esperanza, La Cañada La Coyota, El Molino Norte, El Molino Centro y El Molino Sur, se relacionan a una

misma serie de horizontes mineralizados, con 6.5 km de longitud, en donde se reconocieron 7 cuerpos estratiforme cuyos espesor varía de 0.10 a 0.25 m.

Entre estos cuerpos mineralizados se presenta un horizonte guía cuyo espesor varía de 0.40 a 0.60 m como se observa en la mina abandonada La Cañada, sus contenidos varían de 11.07 a 34.24% de P_2O_5 .

A la fosforita se le atribuye origen sedimentario causado por surgencias, en las que el depósito de fosfatos está dado por la precipitación de nutrientes ricos en fósforo, procedentes del fondo marino.

La mina abandonada La Luna y las localidades que con ella se ubican en el área mineralizada San Isidro, se relaciona de manera preliminar a un origen hidrotermal, considerando un aporte de fluidos mineralizantes derivados del emplazamiento del cuerpo intrusivo El Peñuelo, ubicado fuera de la carta, aproximadamente a 10 km al poniente de esta localidad.

En cuanto al yacimiento de celestina y barita de la mina activa Santa Amalia, las características geológicas que presentan los cuerpos mineralizados, permiten clasificarlo de manera preliminar y en una primera etapa como una variante de los yacimientos tipo *Mississippi Valley* (MVT), considerando que en su proceso fue re-movilizado en una segunda etapa que al parecer corresponde a un proceso hidrotermal.

El análisis geoestadístico de los resultados de las 200 muestras de sedimento activo de arroyo, arrojó dos áreas anómalas ubicadas en la porción noreste de la carta, una con asociación de Pb-Zn y otra con Au-Cu-Zn-Fe.

En la primera área no se observaron manifestaciones minerales que pudiesen poner en evidencia el origen de las anomalías que conforman el área, sin embargo, la interpretación de la carta magnética de la primera derivada vertical del campo total reducida al polo indica la presencia de un dominio magnético del tipo A1, el cual pudiera estar relacionado a la presencia de un cuerpo intrusivo.

De la geoquímica se concluye lo siguiente:

1.- Los elementos que definen la mineralización de la carta, se obtuvieron a partir de la matriz de componentes principales de la población final, siendo estos: Cu, Zn, Pb, As, Au y Fe.

2.- A partir del tratamiento estadístico de los resultados obtenidos en el laboratorio, se identificaron un área anómala.

3.- Esta área anómala, se podría estar presentando por las características geoquímicas y geológico-estructurales, lo que generó la mineralización hidrotermal de sulfuros.

VII.2. Recomendaciones

Es recomendable realizar un muestreo sistemático y levantamiento geológico a detalle en la serranía que se localiza al noroeste de la comunidad El Rucio, en la

que el análisis geoestadístico de 6 muestras de sedimento de arroyo sugieren la presencia de un área anómala de Pb-Zn, con el objetivo de determinar su origen, ya que de acuerdo a la información de geología estructural y yacimientos minerales reportada para esta zona, no existe estructura o manifestación mineral conocida que pueda relacionarse a esta anomalía.

En la mina abandonada La Luna se recomienda realizar geología a detalle, muestreo sistemático en interior de la obra minera, así como estudio geofísico por los métodos de gravimetría y polarización inducida, para establecer el comportamiento y continuidad del cuerpo mineralizado, y poder definir su importancia o interés económico.

VIII. PROBLEMAS NO RESUELTOS

No se pudo corroborar de manera concluyente la posición estratigráfica de la Formación Zuloaga, como la unidad más antigua de la carta, se consideró de esta manera con base en observaciones de campo, sobre todo las que fueron reconocidas en el sector noroeste de la carta, flanco poniente de la cañada El Chivo, en los donde la secuencia de yeso-caliza de la Formación Olvido, se encuentra interdigitada con la secuencia de caliza de la Formación Zuloaga, sin embargo esta última es la que subyace, sin llegar a estar expuesto el límite inferior. Asimismo se considera que el espesor de la Formación Olvido que está expuesto en la carta adyacente al oriente, San José de Raíces, disminuye notablemente hacia el sector noroeste de la carta El Carmen.

La edad de los depósitos conglomeráticos de la unidad Te (?) Cgp, que aflora en el sector suroeste de la carta, no pudo ser corroborada al no existir dataciones preliminares y no encontrarse fauna fósil que pudiera ser datada paleontológicamente.

Asimismo, la edad de la secuencia de yeso formado en ambiente lacustre (Tom la), que aflora en el sector sureste de la carta, no está confirmada, se le asignó edad Oligoceno-Mioceno, por posición estratigráfica y que con anterioridad ya vía sido mapeado y reconocida

por Bustos, G. L. *et al.* (2010), en la carta geológico-minera adyacente El Canelo, G14-C75.

El origen de la mineralización reconocida en las minas abandonadas La Luna y El Coyote así como en la manifestación La Mónica no se estableció concluyentemente, por las características presentes como mineralogía y tipo de alteración, se infirió que posiblemente esté relacionada a fluidos hidrotermales distales, transportados por el intrusivo El Peñuelo, que aflora en la carta adyacente El Salvador G14-C84, o por algún apófisis.

Unas de las postulaciones o controversias es que en la mina Santa Amalia presenta características de tipologías de Mississippi Valley e hidrotermal, ya que se tiene mineralización de celestita y en menor proporción barita (siendo la explotación principal de la mina) y por otro lado se tiene sulfuros de Zinc, Cu, Pb y Ag, asociados con óxidos de hierro, sin embargo reporta temperaturas de homogenización de 137° C y 244° C, sus salinidades oscilan entre 14.31% - 20.43%. Por lo cual se sugiere se realizan trabajos a detalles de geología, muestreo, apoyados con los métodos geofísicos, para poder determinar, si corresponde a un yacimiento epitermal, y si está relacionado a un cuerpo intrusivo o a un dique.

BIBLIOGRAFÍA

Ángeles, V.M., Hinojosa, E.J., López, O.J., Valdés, G.A., Livas, V.M., 2005, Estratigrafía y microfacies de la parte sur del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22, núm. 2, p. 272-281.

Arvizu, G.I., 2006, Paleomagnetismo de rocas jurásicas y cretácicas del Valle San Marcos, Coahuila, México. Centro de Geociencias, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 121 p.

- Atwater, T., 1970, Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. *Geological Society of America Bulletin*, v. 81, p. 3513-3536.
- Barboza, G.J., Hoppe, M., Gómez, A.M., Martínez, M.P., 2004, Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 21, p. 299-319.
- Buckhardt, C., 1906, *Geologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa*. Dixième Congrès Géologique International, Guide des Excursions, 40 p.
- Burrows, R.H., 1910, *Geology of Northern Mexico*. *Geological Society of America Bulletin*, v. 7 p. 85-103.
- Bustos, G.L., Cruz, M.J., 2010, Informe de la carta geológico-minera El Canelo, G14-C75, escala 1:50,000, estados de San Luis Potosí y Nuevo León. Servicio Geológico Mexicano, 97 p.
- Campa, M.F., Cooney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 1040-1051.
- Cantú, C. A., 1998, Las transgresiones jurásicas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 15, núm. 1, p. 25-37.
- Cantú, C.A., sin año, La Formación La Peña (Cretácico inferior) en el subsuelo del noreste de México: ¿una secuencia condensada o un hiato?, Instituto Politécnico Nacional, <http://www.petroquimex.com/formacion.htm>
- Carrillo B. J., 1971, La plataforma Valles-San Luis Potosí. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 23, 110 p.
- Centeno, G.E., 2005, Review of Upper Paleozoic and Lower Mesozoic stratigraphy and depositional environments of central and west Mexico: Constraints on terrane analysis and paleogeography. *Geological Society of America, Special Paper* 393, p. 233-258.
- Centeno, G.E., Silva, R.G., 1997, Petrogenesis and tectonic evolution of central Mexico during Triassic-Jurassic time. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 14, p. 244-260.
- Cervantes, Z.Y., Cornejo, O.S., Lucero, M.R., Espinoza, R.M., Miranda, V.E., Pineda, V.A., 1990, Provincias Fisiográficas de México. Extraído de la Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2, Atlas Nacional de México, v. 2, escala 1:4'000,000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Chávez, R.J., 2000, Informe de la carta geológica-minera Pendencia G13-B58, escala 1:50,000, estados de Zacatecas y Durango. Consejo de Recursos Minerales, 68 p.
- Chávez, C.G., 2005, Deformación y magmatismo cenozoico en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, Tesis doctoral, 226 p.
- Díaz, G.T., 1953, Itinerario de la excursión al Cañón de la Peregrina, Tamaulipas. Primera Convención de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Libro Guía, 6 p.
- Eguiluz de Antuñano, S., 1989, La Formación Carbonera y sus implicaciones tectónicas, Estados de Coahuila y Nuevo León. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 50, tomos 1 y 2, p. 3-39.
- Eguiluz de Antuñano, S., Aranda, G.M., Randall, M., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 53, p. 1-26.
- Escalante, M.J., Rodríguez, R.J., 2004, Carta geológico-minera El Salvador G14-C64, escala 1:50,000, Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Servicio Geológico Mexicano, 54 p.
- Goldhammer, R.K., 1999, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico, en Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds.), *Mesozoic sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico*. *Geological Society of America, Special Paper*, núm. 340, p. 1-58.
- González, S.F., Puente, S.R., González, P.E., Camprubi, A., 2007, Estratigrafía del noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 59, núm. 1, p. 43-62.
- Heim, A., 1940, The Front Ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to

EL CARMEN, G14-C65, ESCALA 1:50,000

- Tamazunchale. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, v. 33(2), p. 313-352.
- Humphrey, W.E., 1949, Geology of the Sierra de los Muertos área, Mexico (with description of Aptian cephalopods from La Peña Formation). *Geological Society of America Bulletin*, v. 60, p. 89-176.
- Humphrey, W.E., Díaz, G.T., 2003, Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of northeast Mexico, Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin, 152 p.
- Imlay, R.W., 1936, Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, v. 47(7), p. 1091-1152.
- Imlay, R.W., 1937, Geology the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, v. 47(5), p. 587-630.
- Imlay, R.W., 1938, Studies of the Mexican Geosyncline. *Geological Society of America Bulletin*, v. 49, p. 1651-1694.
- Imlay, R.W., 1940, Neocomian faunas of Northern Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, v. 51(1), 117-190.
- Imlay, R.W., 1953, Las formaciones jurásicas de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 16, núm. 1, p. 1-64.
- Kelly, W. A., 1936, Geology of the Mountains bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias, Part II. *Geological Society of America Bulletin*, v. 47, p. 1009-1038.
- Labarthe, H.G., Tristán, G.M., Aranda, G.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 85, 208 p.
- Lehmann, C., Osleger, D.A., Montañez, I.P., 1998, Controls on cyclostratigraphy of Lower Cretaceous carbonates and evaporites, Cupido and Coahuila platforms, northeastern Mexico. *Journal of Sedimentary Research*, v. 68(6), p. 1009-1130.
- López, D.R., Navarro, M.A., 2007, Estudio estratigráfico-microfacial de los depósitos del Aptiano – Albiano inferior en la porción occidental de San Luis Potosí, centro-oriente de México y su relación con la incipiente Plataforma Valles – San Luis Potosí. *GEOS*, v. 27(1), p. 108.
- Michalízik, D., 1991, Facies sequence of Triassic-Jurassic red beds in the Sierra Madre Oriental (NE Mexico) and its relation to the early opening of the Gulf of Mexico. *Sedimentary Geology*, v. 71, p. 243-259.
- Montañés, C.A., 2007, Carta geológico-minera San José de Raíces G14-C66, Escala 1:50,000, Estado de Nuevo León, Servicio Geológico Mexicano.
- Montañez, C. A., Ramírez, G.J., Escalante, M.J., Luévano, A., López, L.M., 2000 Carta geológico-minera Concepción del Oro, G14-10, Escala 1:250,000, Estados de Coahuila y Nuevo León. Consejo de Recursos Minerales.
- Nieto, S.A., Alaniz, A.S., Camprubí, C.A., 2005, La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo 52, p. 285-317.
- Ortega, G.F., Mitre, S.L., Roldán, Q.J., Aranda, G.J., Morán, Z.D., Alaniz, A.S., Nieto, S.A., 1992, Texto Explicativo de la Quinta Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, Escala 1:2'000,000. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México y Consejo de Recursos Minerales.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1978a, Geología y Estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste del Estado de Nuevo León. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 2, núm. 1, p. 37-44.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1982, Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo, and Monterrey, Mexico. The University of Texas at Austin, Disertación doctoral, 217 p.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1985, Las estructuras de la curvatura de Monterey, Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 6, núm. 1, p. 1-20.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1986, Post-Paleozoic tectonics of Northeast Mexico and its role In the evolution of the Gulf Of Mexico. *Geofísica Internacional*, v. 25, núm. 1, p. 157-206

Petróleos Mexicanos (PEMEX), 1988, Estratigrafía de la República Mexicana. Subdirección de Producción Primaria, Coordinación Ejecutiva de Exploración, Informe inédito, 216 pp.

Pindell, J., Dewey, J.F., 1982, Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region. *Tectonics*, v. 1, no. 2, p. 179-211.

Pindell, J.L., 1985, Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas and Proto-Caribbean. *Tectonics*, v. 4. No. 1, p. 1-39.

Raisz, E., 1964, Landforms of Mexico. Cambridge, Mass., U. S., Office of Naval Research, Geography Branch, mapa con texto, esc. 1:3, 000,000, segunda edición.

Ramírez, G. J., 2011, Marco geológico-estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, tesis de maestría, 107 p.

Rocha R. M., 2008, Yacimientos de celestina en la Plataforma Valles-San Luis Potosí, tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geología.

Rogers, C. L., De Cserna, Z., Van-Vloten, R., Tavera-Amezcu, E., Ojeda, R.J., 1961, Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. *Boletín del Consejo de Recursos Naturales No Renovables*, v. 56, 322 p.

Romo, R. J., Muñoz, J. C., Maldonado, S. R., 2013, Carta geológico-minera San Ramón de Martínez F14-A16, Escala 1:50,000, Estado de Nuevo León, Servicio Geológico Mexicano, 95 p.

Salvador, A., 1991, The Geology of North America, en Salvador, A., ed., The Gulf of Mexico Basin. Geological Society of America, V. J., 568 p.

Salvador, A., 1987, Late Triassic – Jurassic Paleogeography and Origin of Gulf of Mexico Basin. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v. 71(4), p. 419-451.

Santamaría, O.D., Arenas, P.R., Escamilla, H.A., 1990, Normalización de la nomenclatura estratigráfica en las cuencas mesozoicas de México (Etapa 1: Zona Norte Cretácico). Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto CAO-3052, 37 p.

Santiago, C.B., Martínez, R.C., Sánchez, B.G., Chiapa, G.R., Palacios, G.R., 2000, Informe final de la cartografía geológico minera, escala 1:250,00, carta Monterrey, G14-7, Estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Consejo de Recursos Minerales, informe técnico, 99 p.

Tinker, S.W., 1985, Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Aptian La Peña Formation, northeast México and south Texas (part 1), and the depositional setting of the Aptian Pearsall-La Peña Formations, Texas subsurface and northeast Mexico: Why is there not another Fairway Field? (Part 2). Ann Arbor, University of Michigan, tesis de maestría inédita, 80 p.

Tristán, G.M., Torres, H.J., 1992, Cartografía geológica 1:50,000 de la Hoja Charcas, estado de San Luis Potosí, Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, folleto técnico, núm. 115, 188 p.

Velasco, S.J., Stinnesbeck, W., López, O.J., González, G.A., 2004, Resultados Preliminares de la Evolución Estratigráfica y Paleoecológica en un Perfil de la Formación La Caja del Jurásico Superior en la sierra El Jabalí, Coahuila, México. *Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, GEOS*, v. 24(2), 216 p.