CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA

CARTA MAGNÉTICA "SAN LUIS POTOSÍ" F14-4

ESCALA 1:250 000

Ings. Julio Vélez López
Alejandro Cuevas Covarrubias
Ramón Mérida Montiel
Israel Hernández Pérez

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1997. © Derechos Reservados.
- Segunda Impresión 2001.

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

I.- GENERALIDADES

I.1.- FUENTES DE INFORMACIÓN

I.2.- PARÁMETROS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS LEVANTAMIENTOS

I.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

I.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN

El estudio aeromagnético de la hoja San Luis Potosí F14-4 se realizó bajo convenio con el Gobierno del estado de San Luis Potosí; con la finalidad de investigar en forma indirecta las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo para seleccionar zonas prospectivas o blancos de exploración a mayor detalle que conduzcan al descubrimiento de nuevos depósitos minerales, para obtener mejores resultados la información geofísica se correlaciona con el estudio geológico también realizado por esta institución.

La carta magnética San Luis Potosí F14-4 escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI se ubica en la porción central del estado de San Luis Potosí y abarca una superficie de 22,796Km^2.

El levantamiento aeromagnético se realizó con avión a una altura constante de 450 m sobre la superficie del terreno con líneas de exploración de rumbo N-S y separación de 1000 m. Los datos geofísicos se presentan como curvas de contorno del campo magnético total, indicando su intensidad con contrastes de color, la interpretación litológica y estructural se indica en la carta y los resultados se explican en detalle en el cuerpo del presente texto guía.

Los aspectos relevantes del estudio son: la identificación de la respuesta anómala de cuerpos ígneos intrusivos, algunos estrechamente asociados a depósitos minerales metálicos, la extensión en el subsuelo de rocas sedimentarias y volcánicas, los patrones de fallamiento regional, el límite de la Plataforma Valles - San Luis Potosí y la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

Con base en la interpretación geofísica, en esta carta se obtuvieron las siguientes zonas de interés geológico-minero:

La extensión oculta del intrusivo granítico de Guadalcázar representa interés para la presencia de depósitos minerales polimetálicos hacia su contacto marginal con las rocas encajonantes, ya que la mineralización conocida se presenta en el contacto que aflora.

En la misma región y en la proximidad del intrusivo de Guadalcázar, el intrusivo de mayor extensión detectado en la carta, representa una zona de interés geológico-minero de aproximadamente 600 Km^2. Este intrusivo no aflora, manifestándose en superficie por la presencia de diques dioríticos; por otra parte, ha sido causante de mineralización polimetálica contenida en vetas cuarcíferas de hasta 1,500 m de longitud, así como de una abundante alteración hidrotermal.

Dos anomalías magnéticas interpretadas como intrusivos (dominios A_1) se presentan en la porción suroriental, ambos intrusionan a rocas calcáreas mesozoicas; El primero se correlaciona con el afloramiento del intrusivo del distrito minero de San Pedro, el segundo atribuible a un cuerpo intrusivo sepultado se ubica al norte del poblado de Santa Catarina, en la Sierra de Trejo, puede estar también asociado a depósitos minerales.

En la porción surponiente, al oriente del poblado El Obraje, se obtuvo una anomalía que se atribuye a un posible intrusivo emplazado en rocas sedimentarias. Esta estructura se encuentra en un lineamiento magnético N-S, que tiene una superficie de 105 Km^2, se manifiesta superficialmente por la presencia de diques de pórfido cuarcífero, reviste interés su estudio superficial a detalle ya que a 10 Km al norte se encuentra el distrito minero de Pinos, Zac.

Los abundantes lineamientos de rumbo N-S y NW-SE presentes en la porción occidental de la carta, parecen estar relacionados con las manifestaciones de depósitos minerales como es el caso de los distritos mineros de Pinos, Real de Angeles, Peñón Blanco y Villa de Ramos.

INTRODUCCIÓN

El Consejo de Recursos Minerales tiene la misión de elaborar las cartas geofísicas aeromagnéticas, en las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética San Luis Potosí F14-4 forma parte de este programa, la cual se realizó en base a los levantamientos aerogeofísicos sistemáticos que lleva a cabo actualmente. Dicho material se está integrando para hacerlo del dominio público con el propósito de fomentar el aprovechamiento de los recursos minerales del país.

En virtud de la dificultad cada vez mayor para la localización de los yacimientos minerales, surge la necesidad de auxiliarse con técnicas indirectas de exploración, como son geofísica, geoquímica, imágenes de satélite, etc., las cuales representan valiosas herramientas que deben utilizarse en conjunción para lograr exitosas campañas que conduzcan a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados.

La carta magnética San Luis Potosí contiene información en una superficie de 22,796 Km^2 y corresponde a un mapa de intensidad de campo magnético total a partir de los vuelos aeromagnéticos realizados durante los años 1985 y 1995.

En una interpretación cualitativa de la presente carta se pudieron enmarcar a nivel regional las expresiones magnéticas más obvias como son: La distribución y configuración de las rocas intrusivas sepultadas, rocas volcánicas félsicas y máficas, importantes espesores de rocas sedimentarias y metamórficas, contactos litológicos ocultos y zonas de falla profundas. En mapas a escala 1:50,000 de la misma zona se podrán interpretar rasgos más detallados.

I GENERALIDADES

I.1.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en los años de 1985 y 1995. Los primeros se compilaron mediante un proceso analógico para generar mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50,000. La información obtenida en 1995 se procesó directamente de la grabación digital del equipo aerogeofísico.

La información cartográfica básica fue proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

I.2.- PARÁMETROS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS LEVANTAMIENTOS

Para los objetivos mineros a los cuales nuestro Organismo está dedicado, durante 1985 se efectuaron los levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos de contorno con una altura promedio sobre el terreno de 300 m, en líneas con rumbo N45 ^{0}E y separación de 1,000 m. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo, mediante el sistema de navegación visual.

En el año de 1995 se realizó el vuelo de la mayor superficie de la hoja, con líneas de rumbo N-S, separación de 1,000 m y altura de vuelo de 450 m, el posicionamiento de trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel.

El primer levantamiento se realizó con un avión Islander bimotor, utilizando un magnetómetro de protón marca Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nT (nanostelas); en el posicionamiento de las líneas de vuelo se empleó una cámara de cuadro fijo de 35 mm y la altura de vuelo se controló con un radioaltímetro Sperry. El levantamiento más reciente se realizó con el mismo avión utilizando un sensor magnético fijo de vapor de Cesio marca Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT y una tarjeta procesadora marca Picodas (magnetómetro).

I.3.- PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la integración de datos y la generación de los mapas, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

a) Integración de información aeromagnética

La integración de la información se realizó a partir de mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000, siendo necesario digitalizar los vuelos realizados en el año de 1985, siguiendo las trayectorias de vuelo para capturar las coordenadas UTM y el valor del campo magnético (z).

Para los vuelos recientes, la información se grabó directamente en el disco duro del equipo aerogeofísico. La información se exportó a la estación de trabajo SUN SPARC 10 donde fue procesada e integrada con el vuelo anterior.

La información quedó almacenada por líneas de vuelo, constituyendo la unidad básica del banco de datos magnetométricos; en esta etapa mediante desplegados gráficos del mapa se revisó que la digitalización fuera correcta.

b) Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético

Según los datos del observatorio de Teoloyucan, Méx. , obtenidos en el período de 1923 a 1987, el campo geomagnético en la República Mexicana ha decrecido en ese período aproximadamente 48.07 nT por año (Urrutia y Campos, 1993), lo que nos da una idea de la magnitud del cambio en el campo geomagnético que debe corregirse.

En nuestro caso, a los datos aeromagnéticos se les substrajo el valor de campo geomagnético tomando en cuenta la posición geográfica del área, las fechas del levantamiento y la altura de vuelo. Esta corrección se realizó utilizando el valor del IGRF95 (Campo Geomagnético de Referencia Internacional) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 9, 1992).

c) Generación del mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta magnética San Luis Potosí se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z y se utilizó el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974) para la generación de curvas de contorno cada 10 nanoteslas (nT). El equipo utilizado fue una estación de trabajo SUN SPARC 10.

d) Graficación

El desplegado gráfico se realizó en un graficador de plumillas Houston Instruments modelo DMP-162. Este mapa preliminar se utilizó para la interpretación y revisión de los valores magnetométricos, previos a la edición e impresión final.

I.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

La carta magnética San Luis Potosí F14-4, escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI contiene información aeromagnética que abarca una superficie de 22,796 Km^2, y se localiza en la porción centro-sur del estado (Figura 1).

La edición cartográfica se efectuó con el paquete ARC/INFO, los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron cada 10 nanoteslas (nT), indicando los bajos magnéticos en tonos de azul y verde y los altos magnéticos en tonos rojos como se indica en la gama de valores, para visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos.

Para la interpretación cualitativa de carácter regional los límites de las unidades litomagnéticas se representan con trazos punteados y los lineamientos magnéticos asociados a fallas con líneas interrumpidas.

En la base cartográfica se indican los principales caminos, arroyos, poblados y ciudades. La carta está referida a la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).

II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

La mayor parte de la carta forma parte de la Provincia de la Mesa Central que limita hacia la parte oriental con la Provincia de la Sierra Madre Oriental (Raisz, 1964). Estas provincias fisiográficas coinciden con dos unidades paleogeográficas: La Cuenca Mesozoica del Centro de México y la Plataforma Valles - San Luis Potosí hacia el oriente (Carrillo, 1971) que

controlan la sedimentación y estilo de deformación de las rocas mesozoicas.

En la zona de cuenca predominan los sedimentos clásticos de aguas profundas, rocas volcanosedimentarias, alternancia de calizas, margas y lutitas con lentes de pedernal y sedimentos tipo flysch hacia la cima que en total alcanzan más de 5,000 m de espesor (Carrillo, 1982) y presentan una geomorfología caracterizada por sierras aisladas, de poca elevación, separadas por amplios valles cubiertos de aluvión y volcánicas terciarias. En la plataforma predominan las evaporitas y calizas arrecifales en bancos gruesos con calcarenitas y sedimentos flysch que forman sierras alargadas de topografía abrupta y casi sin cubierta volcánica terciaria.

La edad de las rocas que afloran dentro de la carta varía desde el Triásico Superior al Reciente siendo las de mayor distribución superficial las rocas mesozoicas.

Sistema Triásico

Son las rocas más antiguas que afloran dentro de la carta y consisten de lutitas negras filíticas, areniscas y limolitas con intercalaciones de conglomerados y material volcánico, intensamente deformadas y con metamorfismo de bajo grado. Afloran como ventana tectónica únicamente en la Sierra de Peñón Blanco, al poniente de la carta; por su contenido fosilífero pertenecen al Triásico Superior y se correlacionan con la Formación Zacatecas (Burckardt, 1906) pero depositadas en un ambiente de talud continental (Silva et al. , 1994).

Sistema Jurásico

La unidad más antigua de este sistema es una secuencia de origen continental constituida por rocas volcanoclásticas, brechas andesíticas y conglomerados volcánicos de la Formación Nazas que cubren discordantemente a las rocas triásicas en Peñón Blanco. Estas rocas no tienen metamorfismo y por subyacer a rocas del Caloviano se consideran del Jurásico Medio (López, 1986).

La Formación Nazas está cubierta por conglomerados areniscas, calizas y lutitas de las formaciones La Joya, Zuloaga y La Caja del Jurásico Superior que afloran en Peñón Blanco (Labarthe et al., 1982) y posiblemente correspondan a la parte inferior del flysch denominado Grupo Real de Angeles. En la Sierra de Alvarez, el pozo Xoconostle 1, cortó en el fondo una secuencia de 1,965 m de espesor de sedimentos clásticos carbonosos con abundante pirita de la Formación Las Trancas (?) del Jurásico Superior (Rueda et al., 1977).

Sistema Cretácico

El Cretácico Inferior está representado por sedimentos clásticos, volcanoclásticos y calcáreos de las formaciones Chilitos, Taraises, Cupido, La Peña y Cuesta del Cura, cuyos contactos son transicionales y difíciles de separar.

Rocas volcanosedimentarias de la Formación Chilitos (de Cserna, 1976) afloran en Villa de Ramos y El Socorro, en el extremo norponiente de la carta (CRM, 1991) y posiblemente sean correlacionables con la cima del Grupo Real de Angeles.

La unidad litológica más característica del Cretácico Inferior, dentro de la carta, es la Formación Cuesta del Cura constituida por calizas delgadas con abundantes lentes y bandas de pedernal que aflora en los núcleos de anticlinales en las áreas de Peñón Blanco, Real de Angeles y en las sierras de Alvarez (Cserna y Bello, 1963), Moctezuma y El Coro.

En la zona de plataforma el Cretácico Inferior está representado por evaporitas, calizas arrecifales y dolomitas de las formaciones Guaxcamá y El Abra que afloran en el extremo oriental de la carta y alcanzan espesores de más de 800 m (Carrillo, 1971).

El Cretácico Superior, en la zona de cuenca, está representado por las formaciones Indidura y Caracol constituidas por calizas arcillosas, margas y depósitos tipo flysch que afloran en los flancos de anticlinales en las regiones de Ahualulco, norte de Salinas, Pinos y Sierra de Alvarez. Los equivalentes de plataforma de estas formaciones son las formaciones Soyatal-Tamasopo y Cárdenas.

Sistema Terciario

El Terciario está representado por rocas ígneas plutónicas, volcánicas volcanoclásticas y clásticas continentales, siendo estas últimas las de mayor distribución superficial.

La base del Terciario está constituida por conglomerados, arenas, gravas y localmente con material volcánico, que se depositan en fosas tectónicas, durante el Paleoceno-Eoceno. Afloran en localidades aisladas y tienen poca distribución superficial (Ahualulco, El Socorro y en el Graben Villa de Reyes) (Labarthe et al., 1982). Andesitas de 44 millones de años (Ma), del Eoceno-Medio, constituyen las rocas volcánicas más antiguas del Terciario y afloran en localidades aisladas (Ahualulco).

Durante el Oligoceno Medio, de 31 a 26 Ma, se tiene una intensa actividad volcánica, principalmente félsica, que da origen al Campo Volcánico San Luis Potosí (Labarthe et al., 1982), constituido por tobas, derrames e ignimbritas riolíticas, domos riolíticos, basaltos ligeramente alcalinos y estructuras de caldera como la de Ahualulco (Labarthe y Tristán, 1981) con troncos ígneos asociados. Las rocas volcánicas alcanzan hasta 1,000 m de espesor y comprenden varias formaciones de diferentes edades, son ricas en K_20 y pertenecen a la serie calcoalcalina derivada de cámaras magmáticas someras por fusión de la corteza en un ambiente extensional y se relaciona genéticamente al volcanismo de la Sierra Madre Occidental (Aranda et al., 1983).

Mucho de este volcanismo rellena fosas tectónicas y depresiones topográficas (sinclinales) y se localiza principalmente en las porciones centro, sur y surponiente.

La respuesta magnética de estas rocas está bien definida por una serie de dipolos magnéticos asociados de forma característica (dominio B_2), debido al contenido de magnetita diseminada en las tobas y derrames félsicos, siendo más magnéticos estos últimos. Los domos riolíticos también dan respuestas características que pueden ser diferentes de los derrames.

Las rocas volcánicas félsicas y mesozoicas están cubiertas por extensos depósitos clásticos continentales con vertebrados fósiles del Plioceno-Pleistoceno en el Graben de Arista, al centro-norte de la carta (Carranza et al., 1982).

Rocas volcánicas básicas alcalinas en forma de conos cineríticos, cráteres de explosión (maars), derrames y tobas basálticas afloran en varias localidades constituyendo los campos volcánicos de Santo Domingo, en el extremo nororiente, Ventura y Espíritu Santo en la parte centro y norponiente de la carta, en los cuales se han encontrado xenolitos del manto y de la base de la corteza (Aranda et al., 1993).

La edad de estas rocas básicas va de 1.6 a 1.2 Ma (Cuaternario) y constituyen la Formación Las Joyas (Labarthe et al., 1982). La respuesta magnética de los conos volcánicos y mares está bien definida por dipolos magnéticos aislados normales e invertidos de baja y alta intensidad (dominios B_1 y B_2).

Sistema Cuaternario

El Cuaternario está constituido por gravas, arenas y arcillas que se depositan en los flancos de las sierras como abanicos aluviales y rellenan fosas tectónicas y cuencas endorréicas principalmente en la parte centro y poniente de la carta.

La respuesta magnética del material de relleno y de las rocas sedimentarias marinas es de baja intensidad (dominio C).

Rocas ígneas intrusivas

Los afloramientos de intrusivo son escasos y de poca extensión superficial; estos intrusionan a las rocas mesozoicas en forma de troncos irregulares y diques en el núcleo de estructuras anticlinales. Su composición varía de granito-cuarzomonzonita a diorita, son de afinidad calcoalcalina a alcalina y casi todos están asociados a mineralización polimetálica.

En la Sierra de Peñón Blanco aflora un intrusivo granítico en forma de tronco con varios apófisis a su alrededor, el cual a pesar de su tamaño no tiene respuesta magnética ya que por su composición, es un granito tipo "S", sin magnetita. (Labarthe et al., 1982). Su edad es de 48 Ma., del Eoceno Medio (Mújica y Albarrán, 1983).

En Guadalcázar, al oriente de la carta y dentro de la Plataforma Valles - San Luis Potosí aflora un tronco de composición granítica y afinidad alcalina (Chryssoulis y Wilkinson, 1983) su respuesta geofísica es un dipolo magnético normal característico de un cuerpo intrusivo aflorante (dominio A_2). La edad de este cuerpo es de 31 ± 2 Ma (Mújica y Albarrán, 1983) y está asociado a mineralización polimetálica.

En el Cerro de San Pedro aflora un cuerpo diorítico en forma de dique de rumbo N30^{0}W que afecta a calizas y tiene mineralización aurífera diseminada. Este cuerpo está representado por una respuesta dipolar (dominio magnético A_1) bien definida y de pequeñas dimensiones.

En Villa de Ramos y El Socorro, en el extremo norponiente de la carta, aflora un cuerpo ígneo de composición granodiorítica a diorítica con cuerpos irregulares de jasperoides y mineralización asociada que se conoce como intrusivo El Socorro (Labarthe et al., 1992) sin embargo, a pesar de su composición no da respuesta magnética característica.

En la Sierra de los Librillos en la zona de Peyote-Tapona al nororiente de la carta, aflora un dique diorítico de rumbo NW-SE de 1 Km de longitud y 5 m de espesor y vetas de cuarzo del mismo rumbo que cortan a calizas cretácicas (CRM, 1992). En esta misma zona se detectó un dipolo magnético normal (dominio A_2) indicativo de un cuerpo magnético a profundidades someras (posible intrusivo).

Al poniente de Ahualulco, parte central de la carta, aflora un pequeño tronco granítico emplazado en la zona marginal de la Caldera de Ahualulco, que representa la etapa de resurgencia (Labarthe y Tristán, 1981) y está asociado a mineralización.

En el extremo suroriente de la carta afloran cuerpos ígneos en forma de diques y pequeños troncos de composición granítica posiblemente de afinidad alcalina (CRM, 1992).

Geología Estructural

El estilo de deformación de las rocas mesozoicas y cenozoicas estuvo controlado por la interacción de la Cuenca Mesozoica del Centro de México y la Plataforma Valles -San Luis Potosí durante la Orogenia Laramide y los diferentes eventos distensivos del Terciario.

Las rocas mesozoicas presentan una intensa deformación, identificándose hasta dos eventos de deformación en las rocas triásicas (Silva et al., 1993) con un plegamiento muy cerrado y generalmente volcado hacia el nororiente y oriente con desarrollo de pequeñas cabalgaduras hacia la plataforma. Las rocas de plataforma, al oriente, presentan un plegamiento más abierto, asimétrico con algunas cabalgaduras de los carbonatos sobre los depósitos tipo flysch (Torres y Tristán, 1994).

En general la dirección de los ejes del plegamiento es NW-SE haciéndose casi N-S, en la parte central y en el extremo nororiente de la carta, donde este cambio está definido por la falla lateral siniestra de San Tiburcio de rumbo NW-SE (Mitre, 1989). La cubierta cenozoica no está deformada, solo presenta fallamiento normal y basculamiento hacia el NE de 10 a 15^0 por los eventos distensivos del Terciario (Aranda et al., 1989; Labarthe et al., 1982).

El principal sistema de fallamiento tiene una dirección N40-65^{0}W producto de los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide que provocó un segundo sistema conjugado de rumbo N25-50^{0}E, ambos sistemas están bien definidos en las imágenes de satélite y con los lineamientos magnéticos.

Un tercer sistema de fallamiento casi N-S junto con la reactivación del sistema NE-SW debido a un evento distensivo, produjo un fallamiento normal con desarrollo de grandes fosas tectónicas como los grabenes de Villa de Reyes, Villa Hidalgo y Arista, así como el levantamiento de grandes bloques como las sierras del Peñón Blanco, de Alvarez, El Coro y Moctezuma.

Las estructuras tipo graben de la región aparentemente están limitadas por megafallas de rumbo NW-SE que actuaron como fallas de transferencia con movimiento lateral (Davison, 1994) como la Falla de San Tiburcio.

Los sistemas de fallamiento han sido activados repetidas veces como lo demuestra el registro estratigráfico volcánico y la forma irregular de algunas fosas tectónicas y posiblemente aun estén activos como lo demuestra el volcanismo

Cuaternario y la actividad sísmica histórica en algunas localidades como Villa Hidalgo (Aranda et al., 1989) y la presencia de fallas activas en el aluvión (Falla de Ahualulco).

Evolución Tectónica

La historia geológica de la región comprendida dentro de la carta es compleja ya que forma parte de dos diferentes terrenos tectonoestratigráficos: terrenos Guerrero y Sierra Madre (Campa y Coney, 1983), cuyas fases de evolución y mecanismos de acreción tienen aún muchos puntos oscuros aunque presentan elementos comunes que los ligan a la evolución del Cratón de Norteamérica desde el Precámbrico Tardío (López, 1986; Centeno et al., 1993).

Aunque no existen afloramientos de rocas pre-triásicas, los datos isotópicos de los xenolitos del manto y granulitas contenidos en rocas básicas alcalinas del Cuaternario, indican la presencia de un basamento Precámbrico (Ruiz et al., 1988).

La evolución de esta región se inicia en el Triásico Superior donde en un ambiente de margen continental pasivo se depositan los sedimentos turbidíticos de Peñón Blanco, mientras que hacia el poniente, en un ambiente interoceánico, se depositan los sedimentos marinos de la Formación Zacatecas; al mismo tiempo hacia el interior del continente se depositan lechos rojos (Formación Huizachal) en fosas tectónicas.

En el Jurásico Temprano, los sedimentos de la Formación Zacatecas fueron transportados tectónicamente y acrecionados al continente produciéndoles una esquistosidad y ligero metamorfismo (López, 1986). Después del levantamiento y erosión de las rocas triásicas, en el Jurásico Medio se depositan lechos rojos además de una gran actividad volcánica calcoalcalina (Formación Nazas) producto de un Arco magmático continental Triásico-Jurásico (Grajales et al., 1992) que actuó desde Sonora hasta San Luis Potosí y es paralelo a la megafalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979).

Al final del Jurásico Medio se inicia una nueva actividad tectónica, asociada al rompimiento de la Pangea y a la formación del Golfo de México que provoca hundimientos dando origen a la gran transgresión del Jurásico Superior donde se depositan los lechos rojos, calizas de plataforma y sedimentos clásticos de las formaciones La Joya, Zuloaga y La Caja.

Hacia el Jurásico Superior toda la región es invadida por el mar y, en un ambiente marino cada vez más profundo, se depositan sedimentos clásticos con material volcánico intercalado (Grupos Fresnillo y Real de Angeles).

Durante el Cretácico Inferior continúan las mismas condiciones marinas, pero más al poniente, en la región de Zacatecas, la influencia de un Arco volcánico se manifiesta por la presencia de la secuencia volcanosedimentaria de la Formación Chilitos que cambia hacia el oriente a facies más clásticas de la Formación Taraises; paulatinamente la sedimentación se va haciendo cada vez más calcárea (Formación Cupido, La Peña) hasta hacerse predominante en la cuenca (Formación Cuesta del Cura) mientras que hacia el oriente, sobre la plataforma se forman las evaporitas de la Formación Guaxcamá en cuencas restringidas y al aumentar el hundimiento se desarrollan las grandes concentraciones de calizas arrecifales (Formación El Abra). Los sedimentos terrígenos de la Formación La Peña indican un evento de corta duración en el Aptiano que deformó y erosionó localmente a la secuencia volcanosedimentaria de la Formación Chilitos (Torres y Tristán, 1994).

En el Cretácico Superior se inicia un cambio gradual en el régimen de sedimentación por el levantamiento del Arco Tarahumara (Araujo y Arenas, 1986) al poniente de la cuenca, dando origen al depósito de las formaciones Indidura y Caracol en facies de cuenca y a la Soyatal-Tamasopo y Cárdenas en la plataforma.

A fines del Cretácico Superior (Maestrichtiano) da inicio la Orogenia Laramide por el aceleramiento de la tasa de convergencia de la Placa Farallón bajo la Placa de Norteamérica generando esfuerzos de compresión con dirección NE-SW a casi E-W, provocando el plegamiento y cabalgamiento de las facies de cuenca y volcanosedimentaria del Terreno Guerrero sobre las facies de plataforma del Terreno Sierra Madre. Este límite se infiere que pasa al poniente de la Sierra de Peñón Blanco (Centeno y Silva, 1993) y coincide con los afloramientos más orientales de la Formación Chilitos.

Al finalizar los esfuerzos de compresión, en el Eoceno Temprano, se produce una fase distensiva con la formación de fosas tectónicas y levantamientos de grandes bloques cuya erosión produce el depósito de conglomerados continentales.

En el Eoceno Medio (48 Ma) un evento magmático producto de la migración del arco magmático hacia el oriente (Clark et al., 1982) da origen al emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos de composición félsica con mineralización polimetálica asociada (Peñón Blanco).

En el Oligoceno Medio (31 Ma), otro evento magmático, a consecuencia de la regresión del Arco magmático hacia el poniente, provoca el emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos en forma de troncos con mineralización asociada (Guadalcázar).

Más tarde, durante el intervalo de 30 a 26 Ma se produce una gran actividad volcánica con la emisión de rocas volcánicas félsicas e intermedias asociada a un evento distensivo, posiblemente el inicio de la tectónica de Sierras y Valles (Henry y Aranda, 1992) que dio origen a grandes fosas tectónicas (Graben Villa de Reyes) las cuales fueron rellenadas por las mismas rocas volcánicas (Labarthe et al., 1982).

En el Mioceno Tardío (13 a 10 Ma) un evento distensivo asociado a volcanismo alcalino, no representado dentro de la carta (Aranda y Luhr, 1993), provoca el fallamiento e inclinación de las rocas volcánicas oligocénicas.

En el Pleistoceno-Cuaternario (1.4 a 1.2 Ma) un nuevo evento de distensión produce fallamiento con volcanismo básico alcalino asociado con xenolitos del manto y base de la corteza (Aranda et al., 1993). Este régimen de distensión posiblemente aun este operando en la región (Aranda et al., 1983).

Yacimientos Minerales

Dentro de la carta se ubican varios distritos mineros que fueron intensamente explotados en el pasado y actualmente están abandonados como Cerro San Pedro, Villa de Ramos, Pinos y Guadalcázar.

El distrito minero más importante es el de Real de Angeles en el extremo poniente de la carta, asociado a un dipolo magnético invertido que se interpreta como un cuerpo magnético a profundidad (dominio A_2).

La mineralización consiste de Ag, Pb, Zn, Cu y Cd en un enjambre de vetillas (stockwork) y diseminación en los planos de estratificación de una secuencia clástica muy deformada de edad Jurásico-Cretácico Inferior, se explotó como un depósito de gran volumen y baja ley.

En el distrito minero Cerro de San Pedro, al oriente de la Ciudad de San Luis Potosí, aflora un dique diorítico que intrusiona a calizas cretácicas con desarrollo de cuerpos minerales en forma de mantos, chimeneas y vetas con Au, Ag, Pb y Zn cuya bonanza dio origen a la construcción de la Ciudad de San Luis Potosí. Actualmente el distrito está inactivo pero la minería privada tiene un proyecto para explotar Oro y Plata diseminados en el intrusivo diorítico (CRM, 1992).

En Guadalcázar se explotaron en el pasado cuerpos metasomáticos y vetas con Ag, Pb y Zn, asociados a un tronco granítico emplazado en calizas cretácicas. También fue importante productor de mercurio y actualmente está inactivo aunque tiene gran potencial por oro, como lo demuestran sus enormes depósitos de placer de Au y Sn (CRM, 1992).

En el distrito de Villa de Ramos, al extremo norponiente de la carta, se explotaron vetas de Ag, Pb, Zn y Cu de rumbo N25-40^{0}W, con espesor promedio de 3.0 m emplazadas en rocas andesíticas de la Formación Chilitos que dieron grandes bonanzas de plata.

En el distrito de Pinos, en la porción surponiente de la carta, se explotaron vetas de rumbo NE-SW y N-S con mineralización de Ag, Pb, Zn y Au en calizas cretácicas y vetillas de estaño en riolitas (CRM, 1991).

En la Sierra de Peñón Blanco, en la porción poniente, existen varias manifestaciones de mineralización pero las más importantes son las estructuras vetiformes de Benito Juárez, con mineralización de oro y plata, emplazadas en calizas cretácicas afectadas por apófisis del granito de Peñón Blanco (Labarthe et al., 1982).

Otras evidencias importantes son las de manganeso asociado a cuerpos irregulares de jasperoides producidos por cuerpos intrusivos de composición intermedia, en la porción poniente de la carta (Real de Angeles, El Socorro y Villa de Ramos); estaño en vetillas y diseminado en riolitas y domos riolíticos enriquecidos en flúor (Huspeni et al., 1984) como en Villa de Arriaga, Pinos y Ahualulco; mercurio y antimonio en varias localidades (Moctezuma, Villa de Arista y Peyote-Tapona).

La mineralización de mercurio y antimonio en la zona de Peyote-Tapona, así como la presencia de un sistema de vetas de cuarzo con valores anómalos de Au y Ag (CRM, 1992), es indicativa de la parte superior de un sistema hidrotermal asociado a un cuerpo intrusivo emplazado a profundidades someras, como lo confirma el dipolo magnético normal (dominio A_2) localizado al norponiente de Guadalcázar.

En lo que respecta a minerales no metálicos lo más notable es el azufre de Guaxcamá al oriente de la carta, fosforitas alumínicas asociadas a riolitas en Salinas y Ahualulco así como las explotaciones de mármol y yeso en la zona de Nuñez al norponiente de Guadalcázar y cantera derivada de tobas rioliticas al surponiente de la Ciudad de San Luis Potosí.

Conclusión

Uno de los aspectos más importantes en la definición del potencial minero de la carta, es el reconocimiento de fallas regionales de rumbo NW-SE que han sido activadas en varias épocas desde el Jurásico Superior y controlaron el emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos con el consecuente desarrollo de sistemas hidrotermales asociados a estos que generaron la mineralización polimetálica.

La identificación de estas fallas asociadas a intrusivos aflorantes y/o ocultos constituyen un marco favorable para su exploración minera integral.

III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la carta San Luis Potosí F14-4 escala 1:250,000, tiene alcance de carácter regional por la escala del mapa. De estos datos aeromagnéticos es posible interpretar indirectamente rasgos geológicos del subsuelo infiriendo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas como intrusivos, rocas sedimentarias y metamórficas, rocas volcánicas máficas y félsicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales. Estos rasgos son obtenidos con base en el contraste de magnetización de los materiales del subsuelo, originado este por la composición mineralógica de las rocas.

En la presente carta se realizó una interpretación cualitativa de carácter regional en donde se indican los rasgos magnéticos principales; estos resultados están a discusión y se proporcionan como una base para análisis más profundos, de acuerdo con el objetivo y el uso de la información.

Para obtener una información con más detalle en áreas específicas de interés, que hayan sido seleccionadas de esta carta, se requiere llevar a cabo una interpretación cuantitativa, realizando cálculos y modelado que proporcionen datos de profundidad a la cima de los cuerpos magnéticos y espesores de las unidades más importantes, en mapas a escala 1:50,000 ó 1:20,000, seleccionando sucesivamente áreas más reducidas en la cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos, geoquímicos y geofísicos a detalle.

Dominios Magnéticos

En la carta San Luis Potosí F14-4 se identificaron cinco grupos de dominios magnéticos indicados con las letras: A_1, A_2, B_1, B_2 y C; diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

Para la identificación y discriminación entre la respuesta magnetométrica de las rocas volcánicas e ígneas intrusivas, se realizó la verificación en campo de las localidades en donde se interpretó la presencia de rocas intrusivas y de las localidades que presentaban ambigüedad en la interpretación de gabinete. Del análisis de los datos aeromagnéticos y la

verificación de campo se explican los siguientes rasgos geológicos interpretados:

Los dominios magnéticos identificados como A_1 y A_2 se atribuyen a rocas intrusivas de composición félsica e intermedia a máfica respectivamente.

El dominio magnético A_1 se caracteriza por su respuesta en forma de monopolos magnéticos cuya intensidad varía de -40 a +30 nT. Dentro de la superficie de la carta se presentan seis dominios magnéticos $A_{1,}$ los cuales se ubican en las porciones sur, surponiente y suroriente. Las anomalías son de pequeñas dimensiones a excepción de la que se presenta al oriente de El Obraje, al sur de Pinos, Zac.

En la porción sur, se detectan 2 dipolos magnéticos de baja intensidad; el primero se correlaciona con el intrusivo del antiguo distrito minero de San Pedro y está cubierto parcialmente por rocas sedimentarias mesozoicas con mineralización de oro asociada; el segundo dominio magnético A_1 se localiza en la Sierra de Trejo, en donde solo afloran calizas del Cretácico Inferior.

Otro dominio magnético A_1 se localiza en la porción surponiente, al oriente del poblado del Obraje, se presenta en forma de un extenso monopolo magnético de unos 20 Km de longitud y orientado en dirección norte-sur; está cubierto por rocas pelíticas del Cretácico Superior, sin embargo, en la verificación de campo se comprobó la presencia de diques de pórfido cuarcífero de grano fino intrusionando a las rocas calcáreas. Este dominio A_1 se atribuye a un cuerpo intrusivo de composición félsica, el cual se refleja en superficie como una estructura anticlinal con dirección N-S.

Al poniente de la carta se detectan dos dominios A_1 representados por dos pequeños monopolos magnéticos, el primero se localiza al poniente de Villa Hidalgo, el cual está sepultado por sedimentos clásticos recientes, y se atribuye a un cuerpo intrusivo sepultado de composición félsica.

El segundo dominio A_1 se ubica al surponiente del poblado de Espíritu Santo y se correlaciona en superficie con rocas volcánicas félsicas, este dominio magnético se atribuye a un cuerpo subvolcánico sepultado.

Los dominios magnéticos A_2 están representados por anomalías aeromagnéticas bien definidas con intensidades dipolares que varían de -80 a +200 nT. Se presentan tres dominios magnéticos A_2.

En la porción nororiente, en las regiones mineras de Guadalcázar y Peyote-Tapona, se detectan dos dominios A_2 representados por dipolos magnéticos bien definidos, uno de los cuales se correlaciona con un afloramiento de intrusivo localizado al norponiente de Guadalcázar, S.L.P. y está asociado con mineralización polimetálica.

El otro amplio dominio magnético A_2, localizado en la zona de Peyote-Tapona se presenta en una zona cubierta por la Formación Cárdenas del Cretácico Superior marino y sedimentos clásticos recientes. Dentro de la zona anómala afloran diques dioríticos en los arroyos y vetas de cuarzo hasta de 1 Km de longitud, con mineralización polimetálica; además se observa intensa alteración hidrotermal en la zona.

Hacia el extremo poniente, en el poblado de Noria de Angeles, Zac., se localiza otro dominio A_2 constituido por un dipolo magnético invertido y que corresponde al distrito minero de Real de Angeles, Zac; el dipolo magnético se atribuye a un intrusivo sepultado por rocas sedimentarias mesozoicas y sedimentos clásticos recientes.

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia y el dominio B_2 a rocas volcánicas máficas. Esos dominios se encuentran más ampliamente distribuidos en la porción centro-sur de la carta y corresponden al Campo Volcánico San Luis Potosí (Aranda et al., 1983).

El dominio magnético B_1 está representado por altos, bajos y tendencias magnéticas irregulares con intensidades que varían de -100 a +30 nT. Este dominio se identifica porque las anomalías son más amplias que en el dominio B_2.

El dominio B_1 alcanza su mayor distribución en el extremo centro-surponiente y se correlaciona con las rocas félsicas del Campo Volcánico San Luis Potosí. En los extremos surponiente y norte se presentan dominios magnéticos B_1 relacionados con rocas volcánicas riolíticas de poco espesor.

El dominio magnético B_2 se caracteriza por un agrupamiento de anomalías dipolares y monopolares, con pequeñas dimensiones y que constituyen trenes con tendencias NNW-SSE, E-W y NE-SW, las intensidades magnéticas varían de -100 a + 60 nT.

Este dominio se identifica por estar constituido por dipolos y monopolos de alta intensidad y poca extensión (altas frecuencias) dispuestas en una distribución caótica.

El dominio B_2 tiene su mayor distribución en la porción centro-sur de la carta, se correlaciona con el Campo Volcánico San Luis Potosí constituido por más de 1000 m de rocas volcánicas depositadas en el Graben de Villa de Reyes. De acuerdo a Labarthe y otros, (1982), se han reconocido un gran número de unidades de origen volcánico, volumétricamente las rocas más importantes son ignimbritas riodaciticas, además de los derrames de lava cuyas composiciones oscilan de máfica a félsica, domos riolíticos y algunas intrusiones subvolcánicas.

La respuesta magnética indica que en el campo volcánico existen dos dominios magnéticos en donde el dominio B_2 refleja un incremento en el contenido de magnetita, lo que sugiere dos eventos de volcanismo.

Dominios magnéticos B_2 de menor extensión se presentan también en el extremo nororiental, regiones centro-oriente, norponiente y suroriente, se orientan en dirección NW-SE a lo largo de fallas regionales de origen profundo y se correlacionan a derrames fisurales de rocas basálticas que forman sierras alargadas. Al nororiente del poblado de Salinas Hidalgo se detectaron varios aparatos volcánicos basálticos con orientación NW-SE interpretados como basaltos fisurales relacionados con la tectónica distensiva de Sierras y Valles.

De acuerdo a Aranda y otros, 1983, al norte y nororiente de la Ciudad de San Luis Potosí existen numerosos afloramientos de basaltos alcalinos (pleistoceno-reciente?) relacionados a un período de tectónica extensional y consideran que las fuentes de los basaltos están íntimamente relacionados a las intersecciones del Graben de Villa de Reyes con otras estructuras de carácter regional. Las anomalías magnéticas aisladas de alta intensidad corresponden a aparatos volcánicos de los llamados “xalapascos” (Aranda et al., 1993).

El dominio magnético C representa el nivel de fondo con intensidades que varían de -60 a -20 nT y cubre un 60% de la superficie total de la carta. Este dominio se atribuye principalmente a grandes espesores de rocas sedimentarias no magnéticas depositadas en la Cuenca Mesozoica del Centro de México y en la Plataforma Valles - San Luis Potosí (Carrillo, 1982).

La secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Inferior, presente en el extremo norponiente de la carta, origina una respuesta magnética de mediana intensidad, la cual también se consideró dentro del dominio C.

Dentro de este dominio C se observa que hacia la porción oriental existe una diferencia de 20 nT. Esta zona ligeramente más alta se interpreta como la respuesta del basamento metamórfico de la Plataforma Valles - San Luis Potosí (Sedlock et al., 1993), por lo que el borde de este alto se indica como el límite de la plataforma.

Mapa de Continuación de Campo Magnético a 2,000 m s.n.t.

Para apoyar la interpretación de los dominios magnéticos, a los datos magnetométricos se les realizó una continuación de campo a 2,000 m sobre el nivel del terreno, correlacionándose con los intrusivos interpretados en el mapa original, lo que confirma la interpretación (Figura 3), este mapa refleja los siguientes rasgos magnéticos profundos:

Sobresale la respuesta magnética de dos intrusivos de grandes dimensiones ubicados en el extremo nororiente. El de mayor dimensión se manifiesta en superficie en forma de diques dioríticos, mineralización polimetálica y alteración hidrotermal. La zona de interés minero potencial es de alrededor de 600 Km^2. El otro intrusivo es el de Guadalcázar también asociado a mineralización. Otros intrusivos de menores dimensiones se interpretan en las porciones sur (distrito minero de San Pedro) y surponiente sobre la Sierra de Trejo.

En la porción centro-surponiente, se obtuvo la respuesta a profundidad de un probable cuerpo intrusivo subvolcánico, ya que en superficie se

correlaciona con un dominio magnético B_2 atribuible a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica. Así mismo en el extremo surponiente de la carta, se detecta a profundidad, cerca del poblado de Montesa, un dominio magnético A_1 atribuible a un probable cuerpo intrusivo, el cual se correlaciona en superficie con rocas volcánicas félsicas. A unos 5 Km al norponiente existen afloramientos de rocas sedimentarias del Mesozoico, así como mineralización de mercurio en el poblado de Canoas por lo que se infiere que el espesor de las rocas volcánicas terciarias no es muy potente en esta región.

Se presentan cuatro bajos magnéticos anómalos en el extremo poniente y norponiente, los cuales coinciden perfectamente con las regiones mineras de Real de Angeles, Peñón Blanco, La Virgen y Villa de Ramos. Se desconoce el tipo de rocas asociado a profundidad con estas anomalías.

En la continuación de campo, persiste la respuesta del Campo Volcánico San Luis Potosí lo que confirma el gran espesor del paquete volcánico.

Lineamientos

Se interpretan tres sistemas de lineamientos magnéticos principales con rumbos NW-SE, NNW-SSE y NE-SW, los cuales se atribuyen a fallas profundas que no siempre tienen manifestación superficial.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE se localizan en la porción centro-sur de la carta, tienen longitudes del orden de 40 Km y están distribuidos dentro del Campo Volcánico San Luis Potosí.

En el extremo nororiente se presenta un lineamiento magnético NW-SE de 40 Km de longitud, el cual está relacionado a la falla regional de San Tiburcio y controla el emplazamiento de rocas intrusivas magnéticas y no magnéticas, así como de derrames basálticos fisurales.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NNW-SSE, se presentan en las porciones centro-oriente, nororiente, y poniente de la carta, sus longitudes varían entre 20 a 100 Km y son el reflejo de la tectónica distensiva de Sierras y Valles.

El lineamiento NNW-SSE más notable es el que se localiza en la porción centro-oriente y se interpreta como parte del contacto tectónico entre la Cuenca Mesozoica del Centro de México y la Plataforma Valles - San Luis Potosí.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NE-SW alcanzan longitudes del orden de 40 Km se ubican principalmente en las porciones oriental, centro-sur y surponiente. Se interpreta que interceptan y desplazan al lineamiento magnético con rumbo NW-SE, formando un sistema conjugado. En la porción poniente se interceptan los tres lineamientos magnéticos, constituyendo una amplia zona de intenso fallamiento que está relacionada con las regiones mineras de Real de Angeles, Pinos, Peñón Blanco y Villa de Ramos.

En base a la continuación de campo a 2,000 m s.n.t. en la porción poniente, se interpretan tres altos del basamento magnético en forma de pilar tectónico con orientación norte-sur; el más grande y de mayor intensidad tiene una longitud de 70 Km. El segundo lineamiento magnético y de origen profundo se ubica entre las regiones mineras de Real de Angeles, La Virgen y Villa de Ramos y un tercer lineamiento en el margen surponiente de la carta, el cual queda abierto en uno de sus flancos (Figura 3).

Zonas de Interés Geológico-Minero

Las principales zonas de interés geológico-minero para mineralización polimetálica y preciosa definidas a partir de la presente interpretación regional se asocian con los dominios magnéticos A_1 y A_2 ubicados en las porciones nororiente y sur de la carta.

En la región Peyote-Tapona, al norponiente del intrusivo de Guadalcázar, se detectó un intrusivo oculto de grandes dimensiones con respecto al anterior.

Esta estructura, que intrusiona rocas sedimentarias calcáreas del Cretácico, reviste gran interés por estar oculta y desconocida,

representando una superficie prospectiva de alrededor de 600 Km^2.

Se manifiesta superficialmente por la presencia de diques dioríticos, vetas cuarcíferas de hasta 1 Km de longitud con mineralización polimetálica y abundante alteración hidrotermal en una zona muy extensa.

La extensión oculta del intrusivo granítico de Guadalcázar representa una zona prospectiva por depósitos tipo skarn.

Presentan interés las zonas de influencia de los dos intrusivos A_1 interpretados en el extremo sur, el primero se correlaciona con el afloramiento del intrusivo del distrito minero de San Pedro y permite definir la configuración en el subsuelo del cuerpo intrusivo magnético; el segundo, atribuible a un cuerpo intrusivo sepultado, se ubica en la Sierra de Trejo, constituida por calizas del Cretácico Inferior.

En la porción surponiente, al oriente del poblado del Obraje, se obtuvo la respuesta de un probable intrusivo a profundidad, el cual se manifiesta en superficie en forma de diques de pórfido cuarcífero de grano fino. El área anómala se encuentra cubierta por rocas sedimentarias mesozoicas, es de interés un estudio geológico-estructural a detalle de esta zona anómala magnética, ya que el distrito minero de Pinos se localiza a unos 10 Km al norte.

Con base en la continuación del campo magnético a 2,000 m sobre el nivel del terreno, se detecta a profundidad la presencia de un cuerpo magnético sepultado en el extremo surponiente de la carta, el cual se interpreta como un intrusivo que se correlaciona en superficie con rocas volcánicas félsicas, sin embargo, es de interés su exploración a mayor detalle, ya que hacia el norponiente existen rocas sedimentarias mesozoicas y mineralización de mercurio en el poblado de Canoas.

En el extremo poniente y norponiente se detectan a profundidad 4 bajos magnéticos anómalos, los cuales coinciden con las regiones mineras de Real de Angeles, Peñón Blanco, La Virgen y Villa de Ramos, se desconoce el tipo de roca asociado a profundidad con estas anomalías negativas, por lo que es necesario una mayor investigación ya que esta expresión geofísica puede convertirse en una valiosa guía de exploración.

En la porción poniente de la carta se interceptan los tres lineamientos magnéticos NW-SE, N-S y NE-SW constituyendo una amplia zona de intenso fallamiento y deformación, la cual está relacionada con las regiones mineras de Real de Angeles, Peñón Blanco, Villa de Ramos y Pinos. En esta región se considera de interés su exploración con métodos indirectos ya que la zona está mayormente cubierta por aluvión y existen afloramientos de rocas sedimentarias mesozoicas, siendo de gran interés la secuencia volcanosedimentaria (Formación Chilitos) la cual contiene a los yacimientos minerales polimetálicos de Fresnillo, Francisco I. Madero y otros a nivel prospectos que se han evidenciado recientemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda, G.J.J., 1989 a, Geología preliminar del Graben de Aguascalientes: UNAM Inst. de Geol. Revista v.8-1 p. 22-32.

Aranda, G. J. J., Aranda, G. J. M. y Nieto, S.A.F., 1989, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte meridional de la Mesa Central: UNAM. Inst. de Geología Revista, v. 8, núm. 1, p. 22-46.

Aranda, G. J. J., Luhr, J. F. y Pier, J. G., 1993, Geología de los volcanes cuaternarios portadores de xenolitos del manto y de la base de la corteza en el estado de San Luis Potosí, México: UNAM. Inst. de Geología, Boletín 106, Parte 1, p.1-22.

Araujo, M. J. y Arenas, P. R., 1986, Estudio tectónico-sedimentario en el Mar Mexicano estados de Chihuahua y Durango: Soc. Geol. Mexicana Bol. Tomo XLVII, v. 2, p.43-88.

Briggs, I.C., 1974, Machine contouring using minimum curvature (spline): Geophysics. v. 39 No. 1, p. 34-42.

Burckhardt, C., 1906, Sobre el descubrimiento del Trías marino en Zacatecas: Bol. de la Soc. Geol. Mexicana. v.2, p. 43-45

Cantú. Ch. A., 1969. Una nueva localidad del Triásico Superior Marino de México: Rev. del Inst. Mex. del Petróleo. v. 1 No.2, p. 71-72.

Cantú, Ch. C. M, 1974, Una nueva localidad del Cretácico Inferior en México: Rev. del Inst. Mex. del Petróleo. v. 6 No. 4, p. 51-55.

Campa, M.F. and Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resources distributions in Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences v. 26 p.1040-1051.

Carranza, C.O., Millar, W.E. and Martínez, R.J., 1982, Early and late Cenozoic vertebrate localities in Central Mexico: Soc. Vertebrate paleontology, Reunion Anual 42. Guidebook of Guanajuato. p. 1-50.

Carrillo, B. J., 1971, La Plataforma Valles - San Luis Potosí: Bol. Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros, v. 23 Nos. 1-6, p.1-112.

Carrillo, B. J., 1982, Exploración petrolera de la Cuenca Mesozoica del Centro de México: Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petroleros, vol. 34, Núm. 1, p. 21-46

Centeno, G.E. y Silva, R.G., 1983, Geology of the San Luis Potosi-Zacatecas Region, northeastern limit of the Guerrero Terrane: *In* Pre-Mesozoic basament of NE Mexico. Lower crust and mantle xenolits of central Mexico and the northern Guerrero Terrane. Guide book of Field Trip A. p. 59-65. UNAM. Inst. Geol. First Circum Pacific and Circum Atlantic Terrane Conference, Guanajuato, Mexico.

Chryssoulis, S. and Wilkinson, N., 1983, High Silver content of fluid inclusions in quartz from Guadalcázar granite, San Luis Potosí, Mexico: A contribution to ore-genesis theory: Economic Geology v. 78, p. 302-318.

Clark, K.F., Foster, C.T. and Damon, P.E., 1982, Cenozoic mineral deposits and subduction related magmatic arcs in Mexico: Geol. Society of America, Bulletin, v. 93. p. 533-544.

Consejo de Recursos Minerales, 1991, Monografía geológico-minera del estado de Zacatecas: SEMIP. Publicación M-2e, 154 p.

Consejo de Recursos Minerales, 1992, Monografía geológico-minera del estado de San Luis Potosí: SEMIP. Publicación M-7e, 218 p.

Cserna, E.G. y Bello, B.A., 1963, Geología de la parte central de la Sierra de Alvarez, Mpio. de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí: UNAM. Inst. de Geología. Bol. 71.pte. 2 p.23-63.

Damon, P.E., Shafiqullah, M., and Clark, K.E., 1983, Geochronology of the porphyry Copper deposits and related mineralization of Mexico: Canadian Jour. Earth Sci. v. 20. p. 1052-1071.

Davison, I., 1994, Linked fault system; extensional, strike-slip and contractional *in* Continental Deformation Ed. Hancock, P.L. Pergamon press p. 121-142.

García, G. C., 1967, Geología y paragénesis del distrito minero de Matehuala, San Luis Potosí, México: Bol. Soc. Geol. Mexicana T. XXX. No. 1, p. 29-62.

Grajales, N. M., Terrell, D.J. and Damon. P. E., 1992. Evidencias de la prolongación del arco magmático cordillerano del Triásico Tardío-Jurásico en Chihuahua, Durango y Coahuila: Bol. Asoc. Méx. de Geol. Petroleros. v. 52, No.2, p. 1-18.

Henry, C. D. and Aranda, G. J. J., 1992, The real southern Basin and Range: Mid-to late cenozoic extension in Mexico: Geology v.20, p. 701-704.

Huspeni, J.R., Kesler, S.E., Ruiz, J., Tuta, Z., Sutter, J.F. and Jones, L.M., 1984, Petrology of rhyolites associated with Tin mineralization in northern Mexico: Economic Geology. v.79. p.87-105.

IAGA, Division V, Working group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992, International Geomagnetic Reference Field. Revision 1991. Geophysics. v. 57. num. 57, p. 856-959.

Labarthe, H. G., y Tristán, G.M., 1981, Cartografía geológica. Hoja Ahualulco, S.L.P.: UASLP. Inst. de Geol. y Metal. Folleto Técnico No. 70. 34 p.

Labarthe, H. G., Tristán, M., y Aranda, G.J.J., 1982 a, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí: UASLP. Inst. Geol. y Metal., Folleto Técnico 59. 41p.

Labarthe, H. G., Tristán, G.M., y Aguillón, R.A., 1982b, Estudio geológico-minero del área de Peñón Blanco, estado de San Luis Potosí y Zacatecas: UASLP. Inst. Geol. y Metal. Folleto Técnico 106. 56p.

Labarthe, H. G., y Aguillón, R.A., 1986. Cartografía geológica 1:50,000. Hojas Salinas y Villa de Ramos, estados de San Luis Potosí y Zacatecas. UASLP. Inst. de Geol. y Metal. Folleto Técnico No. 76. 63 p.

Labarthe, H. G., Jiménez, L.L.S. y Motilla, M.J.L., 1992. Jasperoide-guía posible en la exploración minera, Mesa Central, México: UNAM. Inst. de Geol. Revista v.10, No. 2. p.137-142.

López, I. M., 1986, Estudio petrogenético de las rocas ígneas en las formaciones Huizachal y Nazas: Soc. Geol. Mexicana. Bol. Tomo XLVII. vl. 2, p. 1-42.

Miranda, G.M.A., 1995, The volcanogenic massive sulfide and sedimentary exhalative deposits of the Guerrero Terrane, Mexico: Ph. D. Thesis University of Arizona (Unpublished).

Mitre, S. L. M., 1989, La megafalla laramídica de San Tiburcio, estado de Zacatecas: UNAM. Inst. de Geología Revista. v. 8, núm. 1, p. 47-51.

Monod, O. and Calvet, P.H., 1992. Structural and stratigraphic reinterpretation of the Triassic units near Zacatecas (Zac), Central Mexico: Evidence of a Laramide nappe pile: Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 1991 (6) stuttgart. p. 1533-1544.

Mújica, M.R., y Albarrán, J., 1983. Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano Mexicano: IMP. Reporte interno (Inédito).

Raisz. E., 1964. Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., U.S. office of Naval Research, Geography Branch, Text With Map. esc. 1:3,000 000 2nd. Edition.

Rueda, J., De Castro, M.I., Hernández O., y Collado, M., 1977, Estudio palinológico, geoquímico y petrográfico de los núcleos 10 y 11 del pozo Xoconostle No. 1 en el Altiplano Mexicano: Revista del Inst. Mex. del Petróleo, Octubre, p. 6-19.

Ruiz, J., Patchett, P. J. and Ortega. G.F., 1988, Proterozoic and Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopic studies: Geol. Soc. of America. Bull. v. 100, p. 274-281.

Sedlock, R. L., Ortega, F., and Speed, R. C., 1993, Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Geological Society of America Special Paper 278. 153 p.

Silva, R.G., Arellano, G. J. y Mendoza, R. C. C., 1993, El papel de la secuencia marina triásica en la evolución jurásica del norte de México: *In* proceedings of The First Circum Pacific Terrane Conference. Ed. Ortega, G.F., et al., UNAM. Inst. de Geol. p. 139-143.

Silva, R.G., Arellano, G. J. y Mendoza, R. C. C., 1994. El Abanico submarino Triásico de la Mesa Central: XII Conv. Soc. Geol. Mex. Resumenes p. 171-172.

Torres, H. J. R. y Tristán, G. M., 1994, La estratigrafía de la parte oriental del Altiplano Mexicano; el registro sedimentario de una margen pasiva (divergente) durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior: XXII Conv. Geol. Nacional Soc. Geol. Mexicana. Resúmenes, p. 186.

Urrutia, F. J. and Campos, E. J. Q., 1993, Geomagnetic Secular Variation Central Mexico since 1923 and Comparision with 1945-1990. IGRF models: Journal Geomag. Geoelect, v. 45, p.1-7.

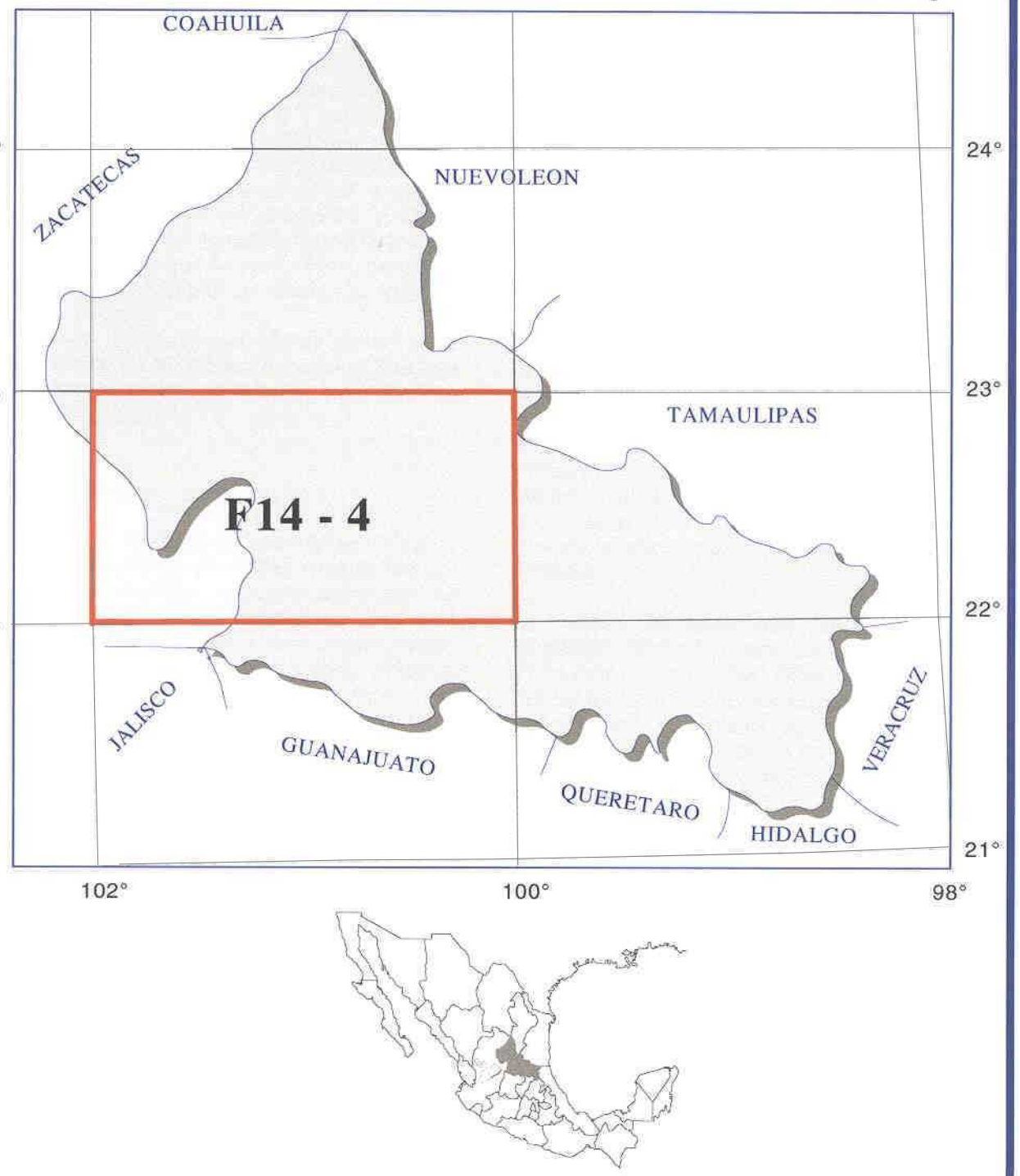
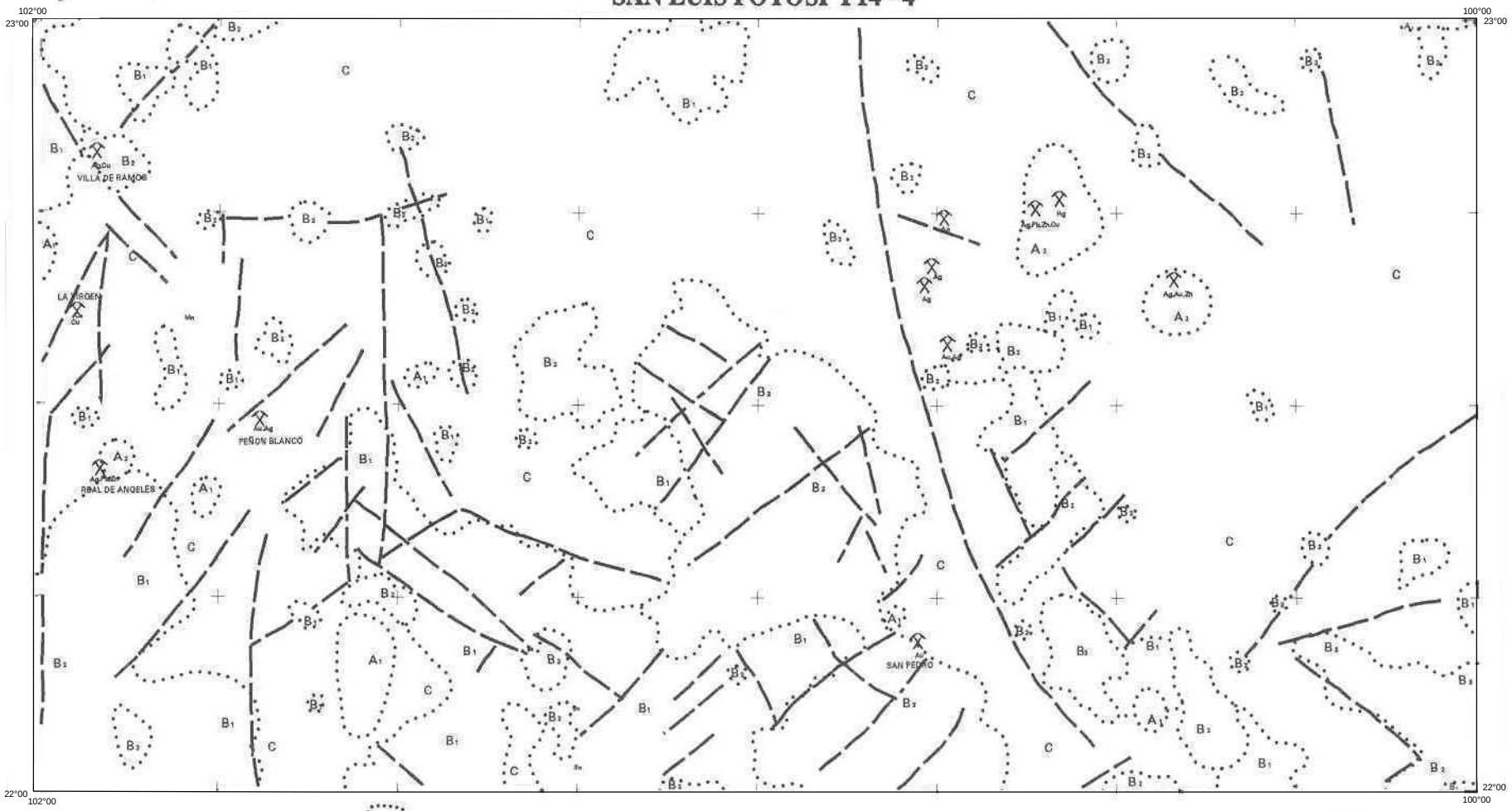


FIGURA 1 MAPA DE LOCALIZACIÓN

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

SAN LUIS POTOSÍ F14 - 4



DOMINIO MAGNÉTICO — A

LINEAMIENTO MAGNÉTICO ASOCIADO A FALLAMIENTOS PROFUNDOS

LOCALIDAD MINERA — Au

ESCALA GRÁFICA

0 9 18 27 36

KILÓMETROS

A1.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN FÉLSICA
A2.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN INTERMEDIA A MÁFICA
} ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

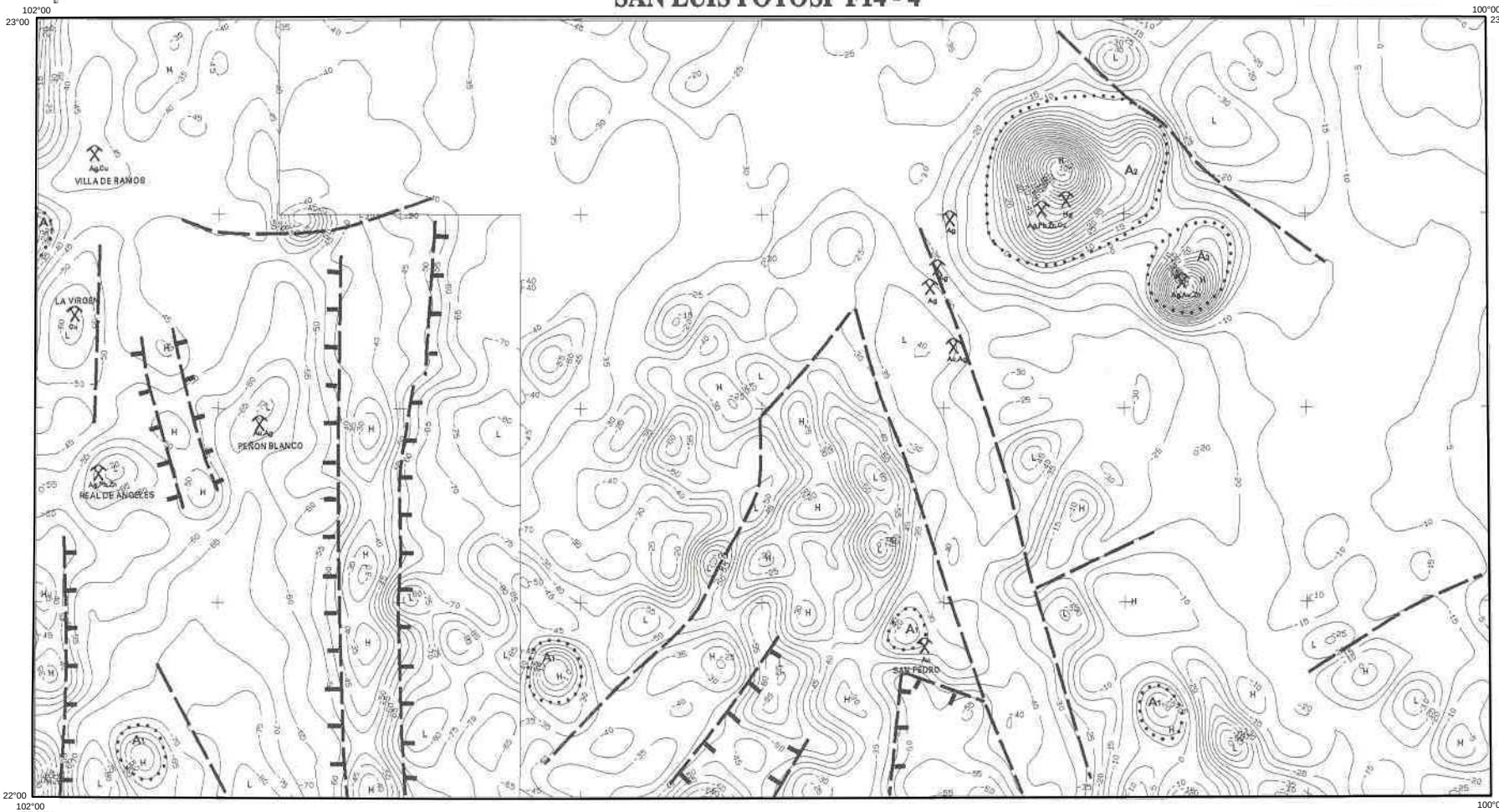
B1.- ROCAS VOLCÁNICAS DE COMPOSICIÓN FÉLSICA
B2.- ROCAS VOLCÁNICAS DE COMPOSICIÓN INTERMEDIA A MÁFICA
} ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS

C.- ROCAS SEDIMENTARIAS Y VOLCANOSEDIMENTARIAS MESOZOICAS Y VOLCÁNICAS CENOZOICAS

FIGURA 2.- INTERPRETACIÓN A PARTIR DE DATOS MAGNETOMÉTRICOS

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

SAN LUIS POTOSÍ F14 - 4



ALTO DEL BASAMENTO MAGNÉTICO

DEPRESIÓN MAGNÉTICA

INTRUSIVO OCULTO (A)

LINEAMIENTO MAGNÉTICO PROFUNDO

ESCALA GRÁFICA

0 9 18 27 36

KILÓMETROS

CURVAS DE CONTORNO CADA 5 nT.

ALTO MAGNÉTICO (H)

BAJO MAGNÉTICO (L)

LOCALIDAD MINERA Au,Ag

FIGURA 3.- REDUCCIÓN AL POLO Y CONTINUACIÓN ASCENDENTE DEL CAMPO MAGNÉTICO A 2000 m. SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO