CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA

CARTA MAGNÉTICA
"HOJA CIUDAD VALLES" F14-8

ESCALA 1:250 000

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

MÉXICO, 1996

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- *Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1996.* *© Derechos Reservados.*

INDICE

CAPÍTULO I **INTRODUCCIÓN**

CAPÍTULO II **GENERALIDADES**

II.1.- FUENTES DE INFORMACIÓN

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

II.3.- PROCESAMIENTO DE DATOS

II.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

CAPÍTULO III **SÍNTESIS GEOLÓGICA**

CAPÍTULO IV **DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Consejo de Recursos Minerales elabora cartas geofísicas aeromagnéticas, las cuales pretenden cubrir las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional, basándose en la compilación de los trabajos que este mismo Organismo ha realizado, así como 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 por encontrarse estos ocultos, el explorador enfrenta la necesidad de auxiliarse con técnicas indirectas de exploración, como son: geofísica, geoquímica, imágenes de satélite y otras, las cuales representan valiosas herramientas que deben utilizarse en conjunción para lograr exitosas campañas que conduzcan a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados, así como investigar y evaluar minerales de utilización futura, cuyo potencial es actualmente desconocido.

Con esta finalidad se da a conocer la información aeromagnética que ha venido generando el Consejo de Recursos Minerales desde el año de 1964, donde la presente carta a escala 1:250 000 con formato cartográfico internacional, forma parte de una serie de publicaciones de este tipo y aportará información básica que permita fundamentar futuras exploraciones.

La carta magnética Ciudad Valles F14-8 contiene información en una superficie de 22,930 Km^2 y corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por IGRF; obtenido a partir de los mapas de intensidad magnética total a escala 1:50 000 de los levantamientos aeromagnéticos realizados durante los años de 1990 y 1995.

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

Se interpretaron zonas de interés geológico-minero con características similares a las zonas mineras conocidas, destacando por su interés las siguientes:

En la región minera de Pinal de Amoles, en el estado de Querétaro el estudio aeromagnético confirma que las estructuras y cuerpos intrusivos asociados con mineralización polimetálica, se extienden en el subsuelo.

La región de Majada de Espíritu Santo al norte de Atarjea, entre los límites de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro, presenta una anomalía magnética con diámetro de 10 Km., la cual es mayor que los afloramientos de apófisis de intrusivos, ubicándose alineada con el eje del anticlinal El Piñón y representando tanto en el ápice de la anomalía como

en su periferia una zona prospectiva por minerales preciosos y polimetálicos.

Dos anomalías magnéticas localizadas al norponiente y sur del poblado de Peñamiller, Qro., en el extremo surponiente de la carta; se ubican dentro del anticlinal El Chilar. Por su condición estructural, similar a la de la región del anticlinal El Piñón (Sierra Gorda), estas anomalías adquieren interés geológico-minero.

Al norponiente de la carta, cuatro zonas anómalas interpretadas como intrusivos siguen un alineamiento con rumbo NW-SE que parte del poblado de Tamasopo, S.L.P. y continúa hacia el sur hasta los poblados de Chapulhuacán y Las Palmitas, Hgo., en donde las dos anomalías del extremo sur de este alineamiento, se ubican hacia ambos lados del anticlinorio de Pisaflores. Estas cuatro anomalías representan zonas prospectivas por mineralización de oro, plata y polimetálica.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

II.1.- Fuentes de Información

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnético realizados por el Consejo de Recursos Minerales en los años de 1990 y 1995.

La información aerogeofísica obtenida en el año de 1990 se compiló en su tiempo 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).

II.2.- Parámetros y Equipos Utilizados en los Levantamientos

En el año de 1995 se realizó el vuelo aeromagnético que cubre la mayor parte de la superficie de la carta Ciudad Valles, con líneas de rumbo N-S, separación de 1000 m y altura de vuelo de 450 m sobre la superficie del terreno.

Anteriormente en el año de 1990, se levantó el vuelo aeromagnético en helicóptero de la Sierra Gorda, en el Edo. de Querétaro, dentro del Programa de Exploración por Minerales Metálicos.

El levantamiento aeromagnético se efectuó, siguiendo vuelos de contorno con una altura promedio sobre el terreno de 150 m; en líneas con rumbo N-S y separación de líneas de 400 m.

En el año de 1990 el levantamiento se realizó en un helicóptero LAMA XC-DON, utilizando un magnetómetro de protón marca Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nT (gammas); 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 radio altímetro Sperry. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación visual.

En 1995 el levantamiento se realizó en un avión Islander bimotor utilizando un sensor magnético de vapor de Cesio marca Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT y una tarjeta procesadora marca Picodas (magnetómetro), el posicionamiento de las trayectorías de

vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite. (GPS)

II.3.- Procesamiento de Datos

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

a).- Digitalización

La integración de la información se realiza a partir de mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000, siendo necesario digitalizar los vuelos realizados en 1990, siguiendo las trayectorias de vuelo para capturar las coordenadas UTM y el valor del campo magnético (Z).

Para los vuelos realizados en el año de 1995, la información se tomó directamente de la grabación de datos magnetométricos en disco duro del equipo aerogeofísico. La información se exportó a la estación de trabajo SUN SPARC 10 donde fue procesada e integrada con los vuelos del levantamiento anterior.

b).- Formación de Archivos

La información quedó almacenada a lo largo de las líneas de vuelo, constituyendo la unidad básica del banco de datos magnetométricos. En ésta etapa mediante desplegados gráficos del mapa se revisó que la digitalización fuera correcta.

c).- 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 del campo geomagnético tomando en cuenta la posición geográfica del área, las fechas de levantamiento y la altura de vuelo. Esta corrección se realizó utilizando el valor de IGRF90 (International Geomagnetic Reference Field) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

d).- Generación del Mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta magnética Ciudad Valles 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 Workstation SUN SPARC 10 con disco duro de 6.3 GB, 128 MB de RAM y velocidad de 51 MHZ.

e).- Graficación

El desplegado gráfico se realizó en un graficador Xerox modelo 8900. Este mapa preliminar se utilizó para la interpretación y revisión de los valores magnetométricos, previos a la edición e impresión final.

II.4.- Características de la Carta

La información contenida en la Carta Magnética Ciudad Valles F14-8, escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI contiene información aeromagnética que abarca una superficie de 22 930 Km^2. (Figura No. 1)

Los intervalos de color, al igual que 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.

Con color negro se indica la interpretación cualitativa de carácter regional en donde se representan los límites de las unidades litomagnéticas con trazos punteados y los lineamientos magnéticos asociados a estructuras con línea interrumpida.

En la base cartográfica se indican las principales carreteras, ríos y ciudades. La carta está referida a la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).

CAPÍTULO III.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

La carta Ciudad Valles F14-8 abarca una superficie que comprende cinco estados, la mayor parte de la cual comprende el extremo sureste de San Luis Potosí, noroeste de Veracruz, norte de Querétaro e Hidalgo y parte del extremo noreste de Guanajuato. (Figura No. 1)

En la superficie de la carta afloran rocas cuya edad varía del Precámbrico hasta el Reciente predominando las rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico las cuales están plegadas, deformadas y afectadas por cuerpos ígneos intrusivos postectónicos y cubiertos discordantemente por rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario .

Las rocas precámbricas que afloran en la carta consisten de ortogneises máficos a intermedios, fuertemente bandeados, asociados con paragneises, anfibolitas y mármoles. Su grado metamórfico es de la facies de granulita de piroxeno con metamorfismo retrógrado (Ruíz, et al., 1988). Dentro de la carta sus afloramientos son pequeños (al sur de Ixtapala, en el fondo del arroyo Jalpa, en el extremo centromeridional de la carta), pero hacia el sur aflora en los alrededores de Huiznopala, donde se ubica su localidad tipo, se presentan asociados a metacuarcitas. Dataciones de granate de Sm-Nd dan una edad de 0.9 Ga. que le asignan una edad Grenviliana (Ruíz, et al., op cit).

Los pozos Maguey 2 y Maguey 2A de PEMEX confirman la presencia de estas rocas en el subsuelo, 20 Km al norte de Tamazunchale, a más de 2600 m. de profundidad. (Suter, 1990).

En el extremo centro-sur de la carta, las rocas triásicas están representadas por un pequeño afloramiento de lechos rojos que constituyen la Formación Huizachal la cual ocupa el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla. Esta unidad contiene restos de helechos fósiles del Triásico Tardío (Silva, 1963).

Cubriendo discordantemente a los lechos rojos de edad triásica, se tiene una gruesa secuencia de sedimentos clásticos

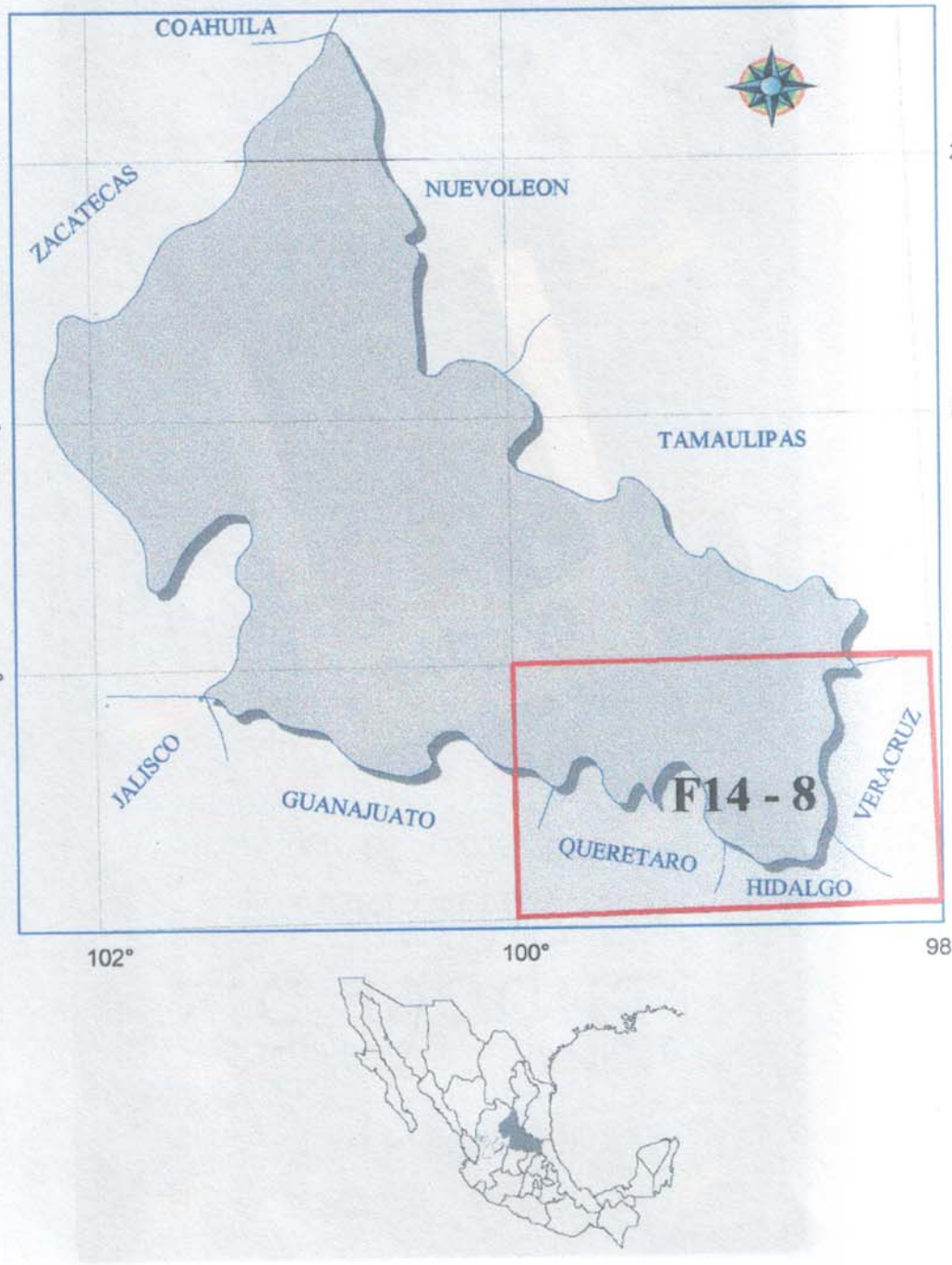


FIGURA 1 MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA CARTA CIUDAD VALLES F14 - 8

marinos de la Formación Huayacocotla de edad Jurásico Inferior (Sinemuriano-Pliensbaquiano) y clásticos continentales de la Formación Cahuasas de edad Jurásico Medio (Toarciano-Batoniano) que en conjunto comprenden el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla.

Las rocas clásticas marinas y continentales están cubiertas por sedimentos marinos del Jurásico Medio y Superior que representan la gran transgresión marina con elementos positivos y cuencas asociadas donde se depositaron las formaciones Tepexic, Santiago, Tamán, con su facies de plataforma Chipoco y Pimienta. (Santiago et al., 1984)

En el extremo surponiente de la carta el Jurásico Superior está representado por las formaciones San Juan y Las Trancas que tienen una litología de sedimentos clásticos, calizas y rocas volcánicas que muestran un epimetamorfismo y afloran en el núcleo de grandes anticlinales como El Chilar y Bonanza (Carrillo, 1990).

La sedimentación durante el Jurásico Superior al Cretácico Inferior es continua y transicional dificultando la separación de formaciones por litología siendo necesario hacer uso de su contenido fosilífero.

En el Cretácico Inferior y Medio toda la región estuvo completamente invadida por las aguas marinas desarrollándose grandes plataformas como la de Valles-San Luis Potosí y El Doctor en el extremo surponiente las cuales consisten de grandes depósitos de rocas carbonatadas de hasta 2000 m de espesor que constituyen las formaciones El Abra ubicada en la parte central de la carta y El Doctor en el extremo surponiente respectivamente. En las regiones con circulación restringida se depositan evaporitas (Formación Guaxcamá) que se presentan en el subsuelo de la porción norponiente de la carta. (Suter, 1990)

En los bordes de la Plataforma Valles-San Luis Potosí se desarrollaron núcleos arrecifales de rudistas y calizas bioclásticas oolíticas con estratificación discontinua no paralela que constituyen la facies Taninul en el borde oriental de la Plataforma, la cual contiene nódulos residuales de fosforita en oquedades y fluorita en calizas bioclásticas de posible origen singenético (Suter, 1990)
Los depósitos de talud de la plataforma consisten de brechas sinsedimentarias y calizas bioclásticas que constituyen la Formación Tamabra.

Las facies de cuenca consisten de calizas con estratificación delgada con capas y nódulos de pedernal interestratificados con lutitas y bentonita que constituyen las formaciones Tamaulipas Superior y Ahuacatlán.

Todas esta facies y microfacies están bien documentadas y descritas por Carrillo, 1971. En esta síntesis se siguió la nomenclatura de Carrasco, 1970, para las facies de plataforma, omitiendo la de Wilson, et al, 1955.

En el Cretácico Superior ocurre un cambio brusco en el régimen de sedimentación en toda la región debido a los primeros pulsos de la orogenia Laramide, depositándose sedimentos calcáreo-arcillosos rítmicos, tipo flysch, que constituyen las formaciones Soyatal al surponiente de la carta, Cárdenas y Tamasopo al norponiente y Agua Nueva, San Felipe y Mendez al oriente de la plataforma, en la porción central de la carta. (De Cserna, 1989)
El Cenozoico está representado por sedimentos marinos que se depositan en la Cuenca Tampico-Misantla, un elemento negativo formado a consecuencia del levantamiento de la Sierra Madre Oriental que está limitado

por bloques tectónicos fallados de rocas paleozoicas y mesozoicas (Santiago, et al., 1984) y ocupa casi toda la mitad oriental de la carta.

La sedimentación en esta cuenca comprende dos eventos bien definidos (Gamper, 1977). El primer evento está constituido por sedimentos tipo flysch que se depositan al poniente de la cuenca y están representados por una alternancia de areniscas y lutitas de las formaciones Velazco y Chicontepec del Paleoceno al Eoceno Inferior.

El segundo evento consiste de sedimentos tipo molasa representados por sedimentos conglomeráticos y arcillo-arenosos de las formaciones Aragón, Tempoal, Chapopote, Tantoyuca, Horcones y Palma Real del Eoceno Inferior al Oligoceno.

Los sedimentos anteriores, morfológicamente constituyen la Planicie Costera del Golfo de México por su bajo relieve topográfico y actitud casi horizontal poco deformada.
En el sector surponiente de la carta, en el Valle de Jalpan, Qro., los valles están rellenos de conglomerados fluvio-lacustres con horizontes de margas, calizas y derrames basálticos que se correlacionan con la Formación El Morro del Eoceno-Oligoceno (Segerstrom, 1962).

En el margen occidental de la carta aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas de composición félsica que cubren discordantemente a las rocas mesozoicas y aparentemente están asociadas a la actividad ígnea de la Sierra Madre Occidental durante el Oligoceno-Mioceno.

En las regiones de Huautla y Tehuatlán, en el sector suroriental de la carta (porción norte del estado de Hidalgo), afloran extensos derrames de basaltos e ignimbritas que forman mesetas de hasta 500 m de espesor y constituyen la Formación Tlanchinol cuya afinidad es tanto alcalina como toleítica y tienen una edad de 7.1 ± 0.3 Ma. (Cantagrel y Robin, 1979). Estas rocas junto con otras rocas volcánicas y aparatos monogenéticos esparcidos en la Planicie Costera se consideran parte de la Provincia Alcalina del Oriente de México, cuya edad varía del Oligoceno al Cuaternario (Cantagrel y Robin, op. cit; Robin, 1976). Al norponiente de la carta afloran extensos derrames de basaltos subsaturados y fluyen siguiendo las partes más bajas de los valles en Cárdenas, Rayón y San Ciro de Acosta, en el estado de San Luis Potosí, su edad es del Plioceno y se desconoce su relación genética a eventos mayores.

El período Cuaternario está representado por el desarrollo de caliche dentro de la Plataforma-Valles San Luis Potosí, principalmente cerca de los bordes de las cuencas kársticas; así como suelos residuales, conglomerados arenas y gravas que constituyen depósitos de talud, abanicos y terrazas aluviales depositados en los cauces de los principales arroyos que drenan la carta, principalmente sobre la planicie costera.

Las rocas ígneas intrusivas en general tienen poca distribución superficial en la carta; concentrándose sus principales afloramientos en el extremo surponiente de la carta, en la Sierra Gorda de Querétaro y Guanajuato, donde se presentan en forma de troncos y diques intrusionando a las rocas jurásicas y cretácicas en el núcleo de estructuras anticlinales, formando una franja de rumbo NW-SE de 50 Km. de longitud. Estos cuerpos ígneos son de gran importancia porque están relacionados genéticamente a mineralización polimetálica, en Pinal de Amoles, Qro., Río Blanco, Qro., Atarjea, Gto., Nacimiento, Gto., Espíritu Santo, Gto. y

Jacala, Hgo., siendo este último el afloramiento más oriental de este tipo de intrusivos. La composición de estos cuerpos ígneos varía de granodiorita-monzonita a diorita, son de afinidad calcoalcalina con edades de 41.5 a 62.2 Ma (Suter, 1984, 1990) y se consideran el producto de la migración de un arco magmático hacia el oriente durante la orogenia Laramide (Damon, 1979).

En los alrededores de Xilitla, S.L.P. en la porción central de la carta, se han detectado varias intrusiones, todas de composición máfica, en forma de diques de rumbo N45^0-80^{0}E que afectan a las rocas mesozoicas y cenozoicas, afloran en el lecho del Río Tancuilin, cerca de La Gloria, Llano El Conejo y Llano Chiquito; su composición química es de afinidad alcalina (Suter, 1990), similar a los basaltos de la Formación Tlanchinol por lo que se considera que tienen una edad menor de 10 Ma (Cantagrel y Robin, 1979) y forman parte de la Provincia alcalina del oriente de México.

También existen diques félsicos en la porción centro-sur que se emplazaron en fallas normales perpendiculares a la dirección de las estructuras laramídicas (Suter, 1990).

Estructuralmente, el estilo de deformación presente en las rocas mesozoicas y cenozoicas está controlado fundamentalmente por la litología y espesor de las rocas carbonatadas de la facies de plataforma que poseen una alta competencia estructural.

Las formaciones jurásicas (Las Trancas, Santiago, Tamán y Pimienta) y del Cretácico Superior (Soyatal, Agua Nueva, San Felipe y Méndez), por su litología clástico-calcárea son mecánicamente incompetentes, lo cual se pudo comprobar durante la orogenia laramídica con el desarrollo de grandes cobijaduras y fallas inversas de escala métrica en los bordes de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, mientras que las facies sincrónicas de cuenca y del interior de la plataforma solo desarrollaron pliegues amplios y paralelos de rumbo NNW-SSE lo que implica una dirección ENE-WSW de la componente horizontal máxima del campo de esfuerzos que originó estas estructuras con una vergencia hacia el NE (Carrillo y Suter, 1982; Suter, 1980 y 1990).

Los principales mecanismos de deformación fueron el cizallamiento discreto, paralelo y oblicuo a la estratificación y la estilolitización tectónica. (Suter, 1990).

Las principales estructuras laramídicas que se identifican en la carta son las cabalgaduras en los bordes de la plataforma y la serie de plegamientos anticlinales y sinclinales que forman los Anticlinorios de Huayacocotla y Pisaflores en la porción centro-sur de la carta que en conjunto constituyen la Provincia Geológica del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (Ortega, et. al., 1992).

Varias estructuras laramídicas han sido bien documentadas en los sectores de Peñamiller-Jalpan, Qro., (Carrillo, 1990) y Xilitla-Tamazunchale, S.L.P. (Suter, 1980) donde incluso se dan valores de acortamiento mínimo de 24% y 23% respectivamente.
En el extremo surponiente de la carta, la secuencia volcanosedimentaria de la Formación Las Trancas presenta fallas intraformacionales (Carrillo, 1990) y una deformación con desarrollo de metamorfismo de bajo grado provocado por un evento finijurásico "Nevadiano" (Mullan, 1978).

En el Anticlinorio de Huayacocotla, también se han identificado fallas sinsedimentarias en la Formación Cahuasas que definen un alto estructural

del basamento donde se ubican las rocas precámbricas (Suter, 1990).

Fallas de transcurrencia han sido reconocidas al poniente de Jalpan, Qro., en Arroyo Hondo (Carrillo, 1990) y al norte de Xilitla, S.L.P., en el lineamiento Talmaya-Huichihuayan (Suter, 1980,1990).

Los sedimentos marinos del Terciario también están afectados por la deformación laramídica pero el plegamiento es moderado y de amplitud más pequeña, disminuyendo en los sedimentos más jóvenes (Santiago, et. al., 1984; Suter, 1990).

EVOLUCIÓN TECTÓNICA

La presencia de rocas precámbricas, de edad Grenviliana, y paleozoicas como basamento de la región, constituyen un valioso eslabón geológico que se puede conectar al Complejo Acatlán del sur de México y juntos representar la continuación de la Faja Orogénica Apalachiana a través del oriente de México, apoyando una afinidad proto-Atlántica para la evolución tectónica del sur de México (Ortega, 1981).

La evolución tectónica de la región se inicia en el Triásico-Inferior a Medio donde en un ambiente continental, producto del plegamiento y fallamiento de las rocas precámbricas y paleozoicas, se depositan sedimentos clásticos fluviales (Formación Huizachal) en cuencas intermontanas, hacia el oeste al mismo tiempo se depositan sedimentos marinos en la región de Zacatecas y Charcas, S.L.P. (De Cserna, 1989)

A principios del Jurásico Inferior un fallamiento en bloques, relacionado a un rifting continental da origen a la formación de pilares y fosas tectónicas y a una transgresión marina de afinidad Pacífica. En una de estas fosas tectónicas se deposita la Formación Huayacocotla a la que Schmidt (1980) considera un aulacógeno.

A fines del Jurásico Inferior hay plegamiento con emersión parcial de la región depositándose los sedimentos continentales de la Formación Cahuasas. Durante el Caloviano-Oxfordiano la apertura del Golfo de México da origen a una gran transgresión marina con la formación de archipiélagos y cuencas donde se depositan las formaciones del Jurásico Superior Tepexic, Santiago, Tamán y Pimienta.

En el Cretácico Inferior y Medio toda la región es invadida completamente por las aguas marinas desarrollándose en las partes someras plataformas con gruesos paquetes de rocas carbonatadas (formaciones El Abra y El Doctor) y núcleos arrecifales en sus bordes y taludes (formaciones Taninul y Tamabra) así como el depósito de calizas de cuenca (formaciones Tamaulipas Superior y Ahuacatlán).

En el Cretácico Superior se inicia el levantamiento de la región provocando un cambio brusco en el régimen de sedimentación a sedimentos calcáreo-arcillosos de las formaciones Soyatal, Agua Nueva, San Felipe y Méndez.

Hacia el final del Cretácico Superior, en el Maestrichtiano, se inicia la orogenia Laramide debido a un incremento en la tasa de convergencia de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica y un cambio en la dirección de convergencia de principalmente frontal a más lateral izquierdo, lo que provocó grandes movimientos tectónicos de desplazamiento siniestral a gran escala que llevaron a la formación de América

Central y a una mayor apertura del Golfo de México (Anderson y Schmidt, 1983).

La tectónica compresional de la orogenia Laramide, dominó a todo lo largo de la Cordillera Occidental hasta el Eoceno y provocó el levantamiento y plegamiento de la Sierra Madre Oriental y al mismo tiempo, la formación de la Cuenca Tampico-Misantla, en cuyo margen occidental se formó La Antefosa de Chicontepec que se rellenó con los sedimentos clásticos de las formaciones Velazco y Chicontepec. (Santiago, et al., 1984)

El finalizar la orogenia Laramide ocurre el principal evento magmático de la región durante el cual se emplazan los cuerpos graníticos con mineralización asociada.

En el Oligoceno-Mioceno ocurre un evento volcánico félsico mayor relacionado a la Provincia de la Sierra Madre Occidental.

Después de un período de tranquilidad magmática, en el Mioceno Superior se inicia un período de intensa actividad volcánica en el que se traslapa el vulcanismo alcalino del oriente de México con el vulcanismo calcoalcalino de la faja volcánica transmexicana y que ha afectado a la región hasta el Cuaternario.

A partir del Mioceno se inicia una regresión paulatina que tiene como límite la actual línea de costa.

MINERALIZACIÓN

Las principales manifestaciones de mineralización metálica dentro de la carta ocurren en el flanco occidental de la Sierra Madre Oriental, en la Sierra Gorda de Querétaro y Guanajuato donde en el campo minero El Soyatal, al surponiente de Pinal de Amoles, Gto., existen evidencias arqueológicas de que estas minas fueron explotadas por los indígenas pre-hispánicos desde el siglo IV A.C. hasta el siglo VIII D.C., constituyendo la principal fuente de abastecimiento de cinabrio para toda Mesoamérica, para usos decorativos y fines rituales (Langenscheidt, 1970).

La mineralización polimetálica de Ag, Pb, Zn, Au, Sb, Hg se presenta asociada a intrusivos laramídicos, fundamentalmente en depósitos tipo skarn con desarrollo de chimeneas y vetas destacando los distritos de Las Animas en Pinal de Amoles, Qro., Río Blanco, Qro., éste último, explotado intensamente por los españoles, Atarjea, Gto., Nacimiento, Gto., y la zona aurífera de Espíritu Santo, Gto., en el extremo norponiente de la franja mineralizada. La mineralización ocurre en las calizas El Doctor y limolitas calcáreas de la Formación Las Trancas cerca del contacto con los troncos granodioríticos.
(C.R.M., 1992)

La mineralización de Sb y Hg está emplazada en las calizas El Doctor cerca del contacto con la Formación Soyatal (Arteaga, Plazuela-Bucareli y El Soyatal).

Al sureste de Cárdenas, S.L.P. en el norponiente de la carta, existe mineralización de oro y plata (El Epazote y La Minita) en óxidos y sulfuros que rellenan pequeñas fracturas y fallas con longitudes de 15 m y espesores de 1 m. dentro de la formación El Abra (C.R.M., 1992).

Pequeñas manifestaciones de óxidos de estaño en vetillas y fracturas de derrames riolíticos y como depósitos de placer ocurren al sureste de Río Verde, S.L.P. en el extremo norponiente de la carta.

Una de las localidades de minerales no metálicos más importante la constituye el distrito fluoritero de El Realito,

Guanajuato, se localiza en el margen centro occidental de la carta, donde la fluorita rellena espacios abiertos y cavernas de disolución de calizas cretácicas intrusionadas por diques riolíticos y pórfidos riodacíticos y la reemplaza cerca de los contactos con estos intrusivos subvolcánicos. (C.R.M., 1992)

En los alrededores de Ciudad Valles, S.L.P. y en la porción central de la carta, la fluorita rellena huecos karsticos antiguos de la Formación El Abra.

Otro material importante de interés económico lo constituye la fosforita que se presenta en forma de pentóxido de fósforo (P_2 O_5) derivado de la disolución de carbonatos de las formaciones El Abra, su facies Taninul, y también de origen coprolítico (guano).

Las principales localidades en que se presenta es en la zona de Xilitla, S.L.P. porción central de la carta y en Ciudad Valles, S.L.P. donde la fosforita ocurre en forma de mantos y cuerpos irregulares rellenando zonas de falla, dolinas y cavidades de disolución de la Formación El Abra. (C.R.M., 1992)

CAPÍTULO IV.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la Carta Ciudad Valles F14-8 escala 1:250 000, tiene alcance de carácter regional por la escala del mapa, en la que, a partir de los datos aeromagnéticos se interpretan indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas como intrusivos, rocas sedimentarias y metamórficas, rocas volcánicas ácidas y básicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales; rasgos obtenidos basándose en el contraste de magnetización de los materiales del subsuelo, originado éste 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 ésta 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, trabajando a escala 1:50 000 ó 1:20 000 seleccionando sucesivamente áreas más reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos, geoquímicos y geofísicos a detalle.

En un panorama general de los resultados del levantamiento aeromagnético se identificaron 5 unidades litomagnéticas que son: A_1, A_2, B_1, B_2 y C; diferenciadas de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar. La distribución y características geofísicas de estas unidades se explican a continuación. (Figura No. 2)

a.- Anomalías atribuibles a intrusivos (unidad magnética A_2), algunos de los cuales afloran parcialmente; y unidades magnéticas A_1 atribuibles al basamento ígneo y metamórfico pre-Jurásico y probablemente hasta de edad

precámbrica (Gneis Huiznopala). Las unidades A_1 de la porción central de la carta se atribuyen a cuerpos intrusivos sepultados.

b.- Anomalías atribuibles a rocas volcánicas extrusivas de composición ácida e intermedia a básica (unidades magnéticas B_1 y B_2), la mayoría de las cuales afloran en las porciones bajas topográficamente, parte de los derrames volcánicos se encuentran cubiertos por aluvión.

c.- Respuestas originadas por las rocas sedimentarias las cuales están distribuidas en la mayor parte de la carta (unidad magnética C).

Con respecto al nivel de respuesta magnética (unidades A_1 y A_2 del inciso a), se dividieron en dos grupos en función de las dimensiones de las anomalías magnéticas.

En el extremo surponiente de la carta se presenta el primer grupo de anomalías magnéticas de formas monopolares y dipolares con diámetro menor a los 10 Km.(unidades A_2) que se correlacionan con algunos afloramientos de intrusivos.

Las anomalías de este primer grupo se localizan principalmente en los ejes anticlinales del plegamiento de la Sierra Gorda (Querétaro-Guanajuato, anticlinal de El Piñón), y hacia el poniente de esta sierra; el agrupamiento de estas anomalías tiene una tendencia NW-SE.

Como se observa en la figura No. 1, las anomalías interpretadas como la respuesta de intrusivos son las siguientes: Dos unidades magnéticas A_2 se localizan al norte y al sur del poblado de Pinal de Amoles, Qro., siendo estas las de mayor intensidad, lo que sugiere una composición granodiorítica a diorítica.

Una unidad A_2 se correlaciona con la región minera de Río Blanco Qro.

Otra anomalía pobremente definida en la región minera antigua de Atarjea, estado de Guanajuato. Una unidad A_2 ubicada al norponiente del poblado de Peñamiller, estado de Querétaro y otra se correlaciona con afloramiento de intrusivo y prospectos mineros, al sur de este poblado.

Al norte de Atarjea entre los límites de los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí se obtuvo una unidad magnética A_2 con diámetro de 10 Km. e intensidad de 30 nanoteslas (nT), lo que sugiere la presencia de un intrusivo oculto de composición ácida, similar al que se presenta al norponiente de Peñamiller. (C.R.M., 1992)

Las dos unidades A_2 que se presentan al norte y sur del poblado de Pinal de Amoles, Qro., reflejan en una continuación de campo a 2000 m., que los intrusivos se unen a profundidad. Algo similar se observa con los intrusivos de Atarjea, Gto. y Río Blanco, Qro. (Figura No.3)

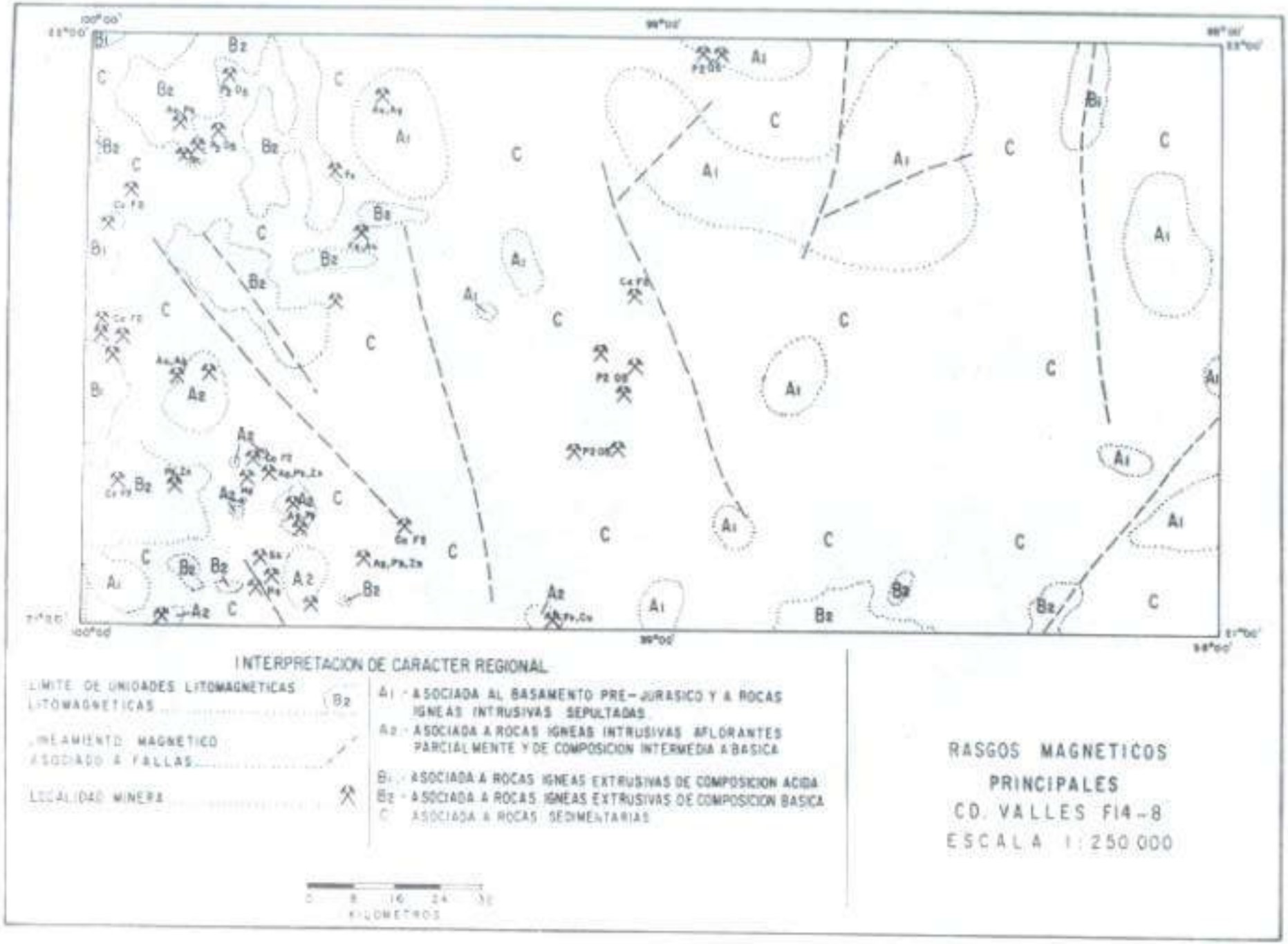
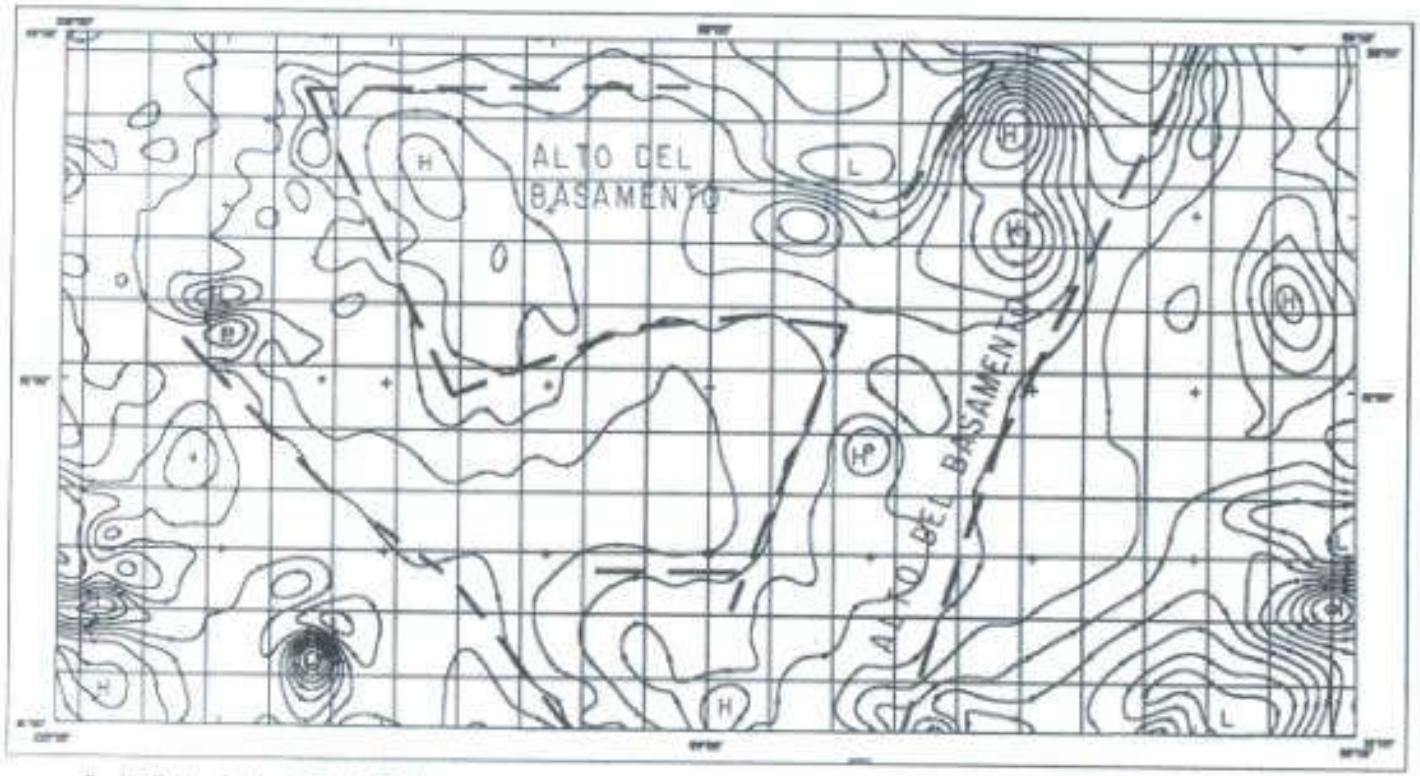

INTERPRETACION DE CARACTER REGIONAL
LIMITE DE UNIDADES LITOMAGNETICAS
LITOMAGNETICAS
LINEAMIENTO MAGNETICO
ASOCIADO A FALLAS
LOCALIDAD MINERA
A1 - ASOCIADA AL BASAMENTO PRE-JURASICO Y A ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS SEPULTADAS
A2 - ASOCIADA A ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS AFLORANTES PARCIALMENTE Y DE COMPOSICION INTERMEDIA A BASICA
B1 - ASOCIADA A ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS DE COMPOSICION ACIDA
B2 - ASOCIADA A ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS DE COMPOSICION BASICA
C ASOCIADA A ROCAS SEDIMENTARIAS
KILOMETROS
RASGOS MAGNETICOS
PRINCIPALES
CD. VALLES F14-8
ESCALA 1:250 000

FIGURA No 2



E X P L I C A C I O N

CURVAS DE CONTORNO A CADA 10nT 10 20

ALTO MAGNETICO ..... H

BAJO MAGNETICO L

ALTO DEL BASAMENTO .....

ESCALA GRAFICA

CONTINUACION DEL CAMPO MAGNETICO
HACIA ARRIBA A 2000 m. SOBRE
EL NIVEL DEL TERRENO

HOJA CD. VALLES

F14 – 8

ESCALA 1:250 000

FIGURA No. 3

Sobre el poblado de Jacala, Hgo., se obtuvo una unidad A_2 muy bien definida y de pequeñas dimensiones, que se correlaciona con un afloramiento de intrusivo de composición granítica. (C.R.M., 1992)

Los intrusivos de ésta región han propiciado la formación de depósitos minerales polimetálicos y preciosos por lo que los intrusivos interpretados con aeromagnetometría y que no afloran, sugieren zonas de interés geológico-minero.

El segundo grupo de anomalías, identificadas como unidades magnéticas A_1 son de mayores dimensiones, baja intensidad y bajo gradiente, por lo que sugieren que los cuerpos magnéticos que las ocasionan se encuentran a mayor profundidad que los descritos anteriormente. (Figura No. 2)

Al poniente de la carta, entre la región de Tamasopo, S.L.P. y Las Palmitas, Hgo., se alinean 4 unidades magnéticas A_1 con un rumbo general NW-SE, se ubican en la Plataforma Valles-S.L.P. dentro de la Provincia de la Sierra Madre Oriental; se atribuyen a intrusivos magnéticos sepultados bajo una gruesa secuencia de sedimentos mesozoicos. Existe mineralización auroargentífera asociada con un amplio monopolo magnético en la región de Tamasopo, S.L.P.; por lo que se recomienda esta zona como prospectiva. (C.R.M., 1992)

Al suroriente de la anomalía de Tamasopo, en el poblado de Agua Caliente y en el Río Santa María en los límites de los estados de San Luis Potosí y Querétaro; se presentan dos pequeñas unidades A_1 que se atribuyen a rocas intrusivas sepultadas. No existe mineralización asociada, pero tiene interés para un reconocimiento geológico-minero en los márgenes de las pequeñas unidades magnéticas detectadas.

Al sur de la carta en Chapulhuacán y Las Palmitas, Hgo., las unidades magnéticas A_1 se asocian con afloramientos de rocas dioríticas localizadas al norponiente de las anomalías detectadas; las cuales se ubican a ambos flancos del anticlinal de Pisaflores.

Para el segundo grupo de anomalías; la distribución más amplia de unidades magnéticas A_1 se presenta en la porción norte de la carta, en la región de Cd. Valles-Tamuín-El Higo, constituyendo un grupo de anomalías de diferentes tamaños. Sus formas dipolares y monopolares reflejan el basamento ígneo o metamórfico pre-Jurásico que se encuentra cercano a la superficie y que con profundidad puede constituirse en un solo cuerpo el cual se atribuye al extremo sur del macizo ígneo-metamórfico del Arco de Tamaulipas (Santiago et al, 1984).

Las unidades magnéticas A_1 de este grupo son atribuibles al basamento ígneo y metamórfico pre-Jurásico y probablemente hasta de edad precámbrica, tal como lo refleja la sección geológico-geofísica (Figura No. 4); en donde el Pozo Maguey 2A de PEMEX localizado en la unidad magnética A_1 ubicada al norte de Tamazunchale, S.L.P., corta el basamento metamórfico pre-Jurásico a una profundidad de 2664 m. Así mismo el Pozo La Aguada 21 de PEMEX ubicado al oriente y fuera de la carta Cd. Valles, corta el basamento a una profundidad de 1000 m. (López, 1982, Suter, 1990).

La distribución de las unidades magnéticas A_1 de grandes dimensiones así como su comprobación con la información de los Pozos de PEMEX (Maguey 2A y La Aguada 21); nos permite interpretar la configuración del basamento metamórfico pre-Jurásico representado por el Arco de

Tamaulipas, además de los límites de la Cuenca Tampico-Misantla, (Santiago, et al, 1984).

Los cuerpos magnéticos que originaron éstas anomalías no afloran y parecen no estar relacionados con depósitos minerales metálicos ya que no se han reportado evidencias superficiales obvias de mineralización o alteración. Se correlacionan superficialmente con rocas sedimentarias terciarias que rellenan la Cuenca Tampico-Misantla.

En el extremo oriental de la carta se detectaron 3 unidades A_1 de diferente tamaño. Las dos anomalías localizadas al suroriente del poblado de Tantoyuca, Ver., podrían clasificarse como A_2 en función de que presentan una mayor intensidad y alto gradiente; se correlacionan superficialmente con pequeños troncos dioríticos de probable edad terciaria, por lo que las anomalías se atribuyen a extensiones de estos troncos dioríticos en el subsuelo. (C.R.M., 1994)

El alto magnético localizado en el poblado de Chicaya, Ver., por su intensidad podría considerarse como un levantamiento del basamento. No se han reportado evidencias de mineralización metálica asociada a las anomalías del extremo oriental de la carta.

Por otra parte los altos magnéticos regionales ubicados al sur de Xilitla, S.L.P. y surponiente de Tamazunchale, S.L.P., sugieren la respuesta del basamento metamórfico emplazado en el núcleo del anticlinorio de Huayacocotla.

En lo que se refiere al nivel de respuesta magnética de las unidades B_1 y B_2, éstas presentan las siguientes características:
La unidad magnética B_1 conforma pequeños monopolos y dipolos magnéticos. Se presentan en los extremos poniente y nororiente de la carta y se correlaciona con rocas volcánicas riolíticas y basálticas. Constituyen el dominio de menor extensión en la carta.

La unidad magnética B_2 se forma por una asociación de anomalías monopolares y dipolares invertidas de poca extensión pero de alta intensidad y distribución caótica.

Las unidades magnéticas B_2 se presentan en las porciones norponiente, surponiente y suroriente de la carta, al norponiente alcanza su mayor distribución. Se orientan en dirección NW-SE y N-S a lo largo de fallas regionales que dieron origen a derrames fisurales de rocas basálticas relacionadas posiblemente a la tectónica distensiva de Sierras y Valles.

Las unidades magnéticas B_2 que se detectan al surponiente y sur de la carta, se correlacionan con rocas basálticas y riolíticas y con basaltos de edad terciaria emplazados en los límites de la Plataforma Valles-S.L.P. y la Cuenca Tampico-Misantla respectivamente.

La unidad magnética C representada por respuestas originadas por rocas sedimentarias (inciso c), se caracteriza por un dominio que presenta anomalías monopolares de poca intensidad y gran extensión (dominio de -10 a +10 nT). Se correlaciona con las rocas sedimentarias mesozoicas y terciarias que constituyen la Plataforma Valles-S.L.P. y la Cuenca Tampico-Misantla.

Dos amplias zonas de bajos magnéticos dentro de la unidad C sugieren un engrosamiento de los sedimentos marinos.

Hacia la porción suroriente de la carta se observa un bajo magnético de gran extensión que queda abierto hacia el sur y se extiende en su porción norte hasta el

poblado de Tempoal, Ver. Esto sugiere la presencia de una cuenca que puede corresponder al extremo norte del Paleocañón de Chicontepec, presentándose engrosamiento de sedimentos terciarios.

Hacia la porción centro-poniente (límites entre los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí), se presenta otro bajo magnético de menor extensión que el anterior, quedando abierto hacia el sur. Este bajo magnético sugiere un engrosamiento de sedimentos paleozoicos y mesozoicos.

Se interpretaron tres sistemas principales de lineamientos magnéticos atribuibles a fallas profundas.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE, con longitudes entre 20 y 50 Km., y que se indican en la porción surponiente de la carta, se interpretan como fallamientos corticales que sirvieron de conducto para el emplazamiento de intrusivos los cuales tienen mineralización polimetálica y preciosa asociada. Estos se presentan de la porción central hacia el poniente, con orientación paralela a los plegamientos de la Sierra Madre Oriental.

En el extremo norte central, se interpretan dos lineamientos magnéticos de rumbo NE-SW, se interpreta que los lineamientos fragmentan a profundidad al basamento ígneo o metamórfico.

Un lineamento magnético de rumbo norte-sur mayor de 30 Km. de extensión, se ubica al norte de la carta, se atribuye a un fallamiento profundo que disecta al basamento antiguo. Al oriente se interpreta otro lineamiento definido por un cambio de gradiente y el alineamiento de las rocas volcánicas en su extremo norte.

Para apoyar la interpretación de las unidades magnéticas A_1 y A_2 y comprobar su relación con los intrusivos de la porción surponiente y con el basamento ígneo y metamórfico; a los datos aeromagnéticos se les realizó una continuación de campo a 2000 m. sobre el terreno para eliminar la respuesta magnética de las capas superficiales de las rocas volcánicas (Figura No 3).

Los resultados obtenidos a partir de la continuación de campo a 2000 m. se mencionan a continuación:

En la porción oriente de la carta se confirma la interpretación de un basamento pre-Jurásico, ya que se integra el dominio magnético A_1 de la continuación de campo (Figura No. 3), que refleja cuerpos magnéticos a profundidad.

Hacia el norponiente en la región de Tamasopo, S.L.P., se interpreta basándose en la continuación de campo a 2000 m., un alto magnético de forma alargada con 30 Km. de longitud y 15 Km. de ancho.

En la porción sur de la carta, entre Jacala y Las Palmitas, Hgo., existen evidencias de pequeños monopolos y distorsiones magnéticas de baja intensidad que sugieren extensiones del cuerpo magnético a profundidad.

En lo que respecta a los intrusivos detectados en la porción surponiente, en la región minera de Pinal de Amoles, Qro., los cuerpos magnéticos de formas monopolares y dipolares se unen a profundidad, persistiendo solo los de mayores dimensiones, ya que los cuerpos magnéticos pequeños desaparecen, indicando con esto, la posibilidad de que correspondan a intrusivos tipo balón, favorables para contener mineralización del tipo metasomático de contacto.

Con el propósito de obtener parámetros de comparación para la interpretación cualitativa de las anomalías magnéticas,

se construyó una sección geológica-geofísica (A-A') de rumbo general WSW-ENE basándose en datos geológicos y estructurales de Carrillo (1990); Suter (1980, 1990) e información del subsuelo de pozos de PEMEX (López, 1982; Suter, op. cit).

Esta sección permite visualizar la geometría estructural de los principales elementos tectónicos presentes en el área y su relación espacial con la respuesta magnética obtenida (Figura No. 4), por lo que la región de Pinal de Amoles resulta prospectable por minerales metálicos.

En el extremo surponiente de la sección destaca la respuesta producida por cuerpos ígneos intrusivos de composición granodiorítica-diorítica asociados a mineralización económica y que aparentemente se emplazaron en forma de troncos y diques en la parte central de estructuras anticlinales (Anticlinal El Piñón) que constituyen la Sierra Gorda. (Carrillo y Suter, 1982)

Basándose en la respuesta magnética y evidencias geológicas superficiales es probable la presencia de un cuerpo ígneo similar en el núcleo del anticlinal El Chilar localizado en la esquina surponiente de la carta (Figura No. 4), por lo que esta zona resulta prospectable por minerales metálicos.

En la porción central de la sección se observa la geometría característica de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y la parte frontal de la Sierra Madre Oriental que se caracterizan por la presencia de grandes cabalgaduras subparalelas a la estratificación que producen una sucesión de escamas cabalgantes con dirección al NE así como un notable engrosamiento y repetición de estratos. (Suter, 1990)

El anticlinorio de Pisaflores se caracteriza por una serie de pliegues anticlinales y sinclinales. La configuración del probable basamento metamórfico pre-Jurásico bajo esta estructura se delineó basándose en la información de los pozos de PEMEX denominados: Valle de Guadalupe 1 y Maguey 2A. Esta configuración es especulativa y está sujeta a cambios con datos adicionales del subsuelo.

En la parte central de la sección destaca un alto magnético de hasta 60 nanoteslas de intensidad que, de acuerdo a la información geológica del Pozo Maguey 2A corresponde a un bloque levantado del basamento (Gneis Huiznopala) de edad precámbrica (Ruíz et al., 1988) que fue cortado a -2664 m. (Suter, 1990).

El alto magnético del extremo NE de la sección, con una intensidad de 65 nanoteslas, también se interpreta como un alto del basamento de la Cuenca Tampico-Misantla, ubicado a menos de 1000 m., similar al detectado por el pozo La Aguada 21 a casi 1000 m. de profundidad en el extremo NE de la sección y fuera de la hoja (López, 1982).

El punto más importante de este análisis es que las anomalías magnéticas ubicadas sobre la Cuenca Tampico-Misantla corresponden a altos del basamento pre-Jurásico (Santiago, et al., 1984) y no a intrusiones ígneas laramídicas como las del extremo surponiente de la Sierra Gorda, Qro.

Las principales zonas prospectivas por mineralización polimetálica y preciosa definidas a partir de la presente interpretación aeromagnética de carácter regional, se localizan en a región minera de Pinal de Amoles-Río Blanco, Qro.-Jacala, Hgo. y la región de Majada de Espíritu Santo (límites de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro) en donde existe mineralización auroargentífera y la anomalía geofísica refleja un intrusivo de mayores

dimensiones en el subsuelo que las correspondientes al afloramiento; es de interés también la zona que corresponde a las anomalías magnéticas A_1 y A_2 ubicadas al sur y norponiente del poblado de Peñamiller, Qro.

Es de especial interés explorar las unidades magnéticas A_1 que se localizan desde la región de Tamasopo, S.L.P., hasta el sur de la carta en la región de Chapulhuacán-Las Palmitas, Hgo., ya que existen manifestaciones superficiales de minerales polimetálicos y preciosos relacionadas con apófisis de composición diorítica. (C.R.M., 1992)

Se recomienda la exploración exhaustiva de las unidades magnéticas A_2 ocultas así como las extensiones en el subsuelo de las manifestaciones superficiales de rocas intrusivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, T.H., and Schmidt, V.A., 1983. The evolution of Middle América and the Gulf of México-Caribbean sea región during Mesozoic time. Geological Society of América Bulletin, v. 94, p. 941-966.

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

Cantagrel, J.M., and Robin C., 1979. K-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks-relations between andesitic and alkaline provinces. Jour. Volcanology and Geothermal Research, v.5 p. 99-114.

Carrasco, V.B., 1970. La Formación El Abra (El Doctor) de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Rev. Inst. Mex. del Petroleo. v. 2 p. 97-99.

Carrillo, M.M. y Suter, M., 1982. Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro. Soc. Geol. Méx. Conv. Geol. Nacional 6.México, D.F. Excursión a la Región de Zimapán y áreas circundantes libro guía p. 1-20.

Carrillo, M. M., 1990. Geometría estructural de la Sierra Madre Oriental entre Peñamiller y Jalpan, estado de Querétaro. UNAM. Inst. de Geología. Revista Vol. 9 Núm. 1 p. 62-70.

Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía Geológico-Minera del Estado de Hidalgo. SEMIP. Publicación M-3e, 95 p.

Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía Geológico-Minera del estado de Querétaro. SEMIP. Publicación M-4e, 108 p.

Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía Geológico-

Minera del estado de Guanajuato. SEMIP. Publicación M-6e, 136 p.

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

Consejo de Recursos Minerales, 1994. Monografía Geológico-Minera del estado de Veracruz. SEMIP. Publicación M13e, 123 p.

Damón, P.E., 1979. Evolución de los arcos magmáticos cretácicos y cenozoicos de México. México, D.F. U.N.A.M. Inst. de Geol. Simp. Evolución Tectónica México, Resumenes p. 14-15.

De Cserna Z., 1989. An outline of the geology of México, in Bally, A.W. and Palmer, A.R., eds., The Geology of North America-An overview. Boulder, Colorado. Geological Society of América. The Geology of North América, V.A. p. 233-263.

Gamper, M.A., 1977. Bioestratigrafía del Paleoceno y Eoceno de la Cuenca Tampico Misantla, basada en los foraminíferos planctónicos. UNAM. Inst. de Geología. Revista Vol. 1, número 2, p. 117-128.

IAGA, Division V, Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992. International Geomagnetic Reference Field. Revision 1991. Geophysics. Vol. 57 num. 57, p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1981. Carta Topográfica Ciudad Valles (F14-8) esc: 1:250 000. 1a. impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1983. Carta Geológica Ciudad Valles (F14-8) esc: 1:250 000. 1a. impresión.

Langenscheidt, A., 1970. Las Minas y la Minería Prehispánicas: en Minería Prehispánica en la Sierra de Querétaro. Secretaría del Patrimonio Nacional, Consejo de Recursos Naturales No Renovables. México. 133 p.

Mullan, H.S., 1978. Evolution of part of the Nevadian Orogen in northwestern México. Geological Society of America. Bulletin, v. 89, p. 1175-1188.

Ortega,G. F., 1981. Metamorphic belts of southern México and their tectonic significance. Geofísica Internacional, v. 25,p. 85-116.

Ortega, G.F., Mitre, S.L.M., Roldán, Q.J., Aranda, G.J.J., Morán, Z.D., Alaníz, A.S.A. y Nieto, S.A.F., 1992. Texto explicativo de la quinta edición de la Carta Geológica de la República Mexicana. escala 1:2:000 000. UNAM. SEMIP. Inst. Geología. Consejo de Recursos Minerales.

Robin, C., 1976. El Vulcanismo de las planicies de la Huasteca (Este de México) Datos geoquímicos y petrográficos. Bol. No. 96 Inst. de Geología, UNAM. p. 55-92.

Ruíz, J., Patchett, P. J. and Ortega, G.F., 1988. Proterozoic and Phanerozoic basament terranes of México from Nd isotopic studies. Geol. Soc. of América. Bull. v.100 p. 274-281.

Santiago, A.J., Carrillo, B.J.; Martell, A.B. 1984. Geología petrolera de México, in Marmisolle D.D. et al. eds., Evaluación de Formaciones de México: México, D.F. Schlumberger, p. 1.1-1.36.

Schmidt-E. R., 1980. The Huayacocotla aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of México: en Pliger, R.H., Jr. ed., The origin of the Gulf of México and the early opening of the central North Atlantic Ocean. Baton Rouge, Lousiana State University, Symp. proceedings, p. 79-86.

Segerstrom, K., 1962. Geology of south-central Hidalgo and northeastern México, México. United States Geological Survey. Bulletin 1104-C p. 87-162.

Silva, P. A., 1963. Plantas del Triásico Superior del Estado de Hidalgo. UNAM Inst. de Geología. Paleontologia Mexicana No. 18. 12 p.

Suter, M., 1980. Tectonics of the external part of the Sierra Madre Oriental foreland thrust-and-fold belt between Xilitla and the Moctezuma River (Hidalgo and San Luis Potosí states). UNAM Inst. de Geología. Revista, Vol. 4, Núm. 1. p 19-31.

Suter, M., 1984. Cordilleran deformation along the eastern edge of the Valles-San Luis Potosí carbonate platform, Sierra Madre Oriental fold-thrust belt, east-central México: Geol. Soc. América Bull., V. 95, P. 1387-1397.

Suter, M., 1990. Geología de la Hoja Tamazunchale, estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí. UNAM. Inst. de Geología. Carta Geológica de México. Serie de 1:100,000, Núm. 22. 55 p.

Urrutia, F.J. and Campos, E.J.Q., 1993. Geomagnetic secular variation central México since 1923 AD and comparision with 1945-1990. IGRF Models. Journal Geomag. Geoelectr., 45 p. 1-7.

Wilson, B.W., Hernández-M., J.P. y Meave, T. E., 1955. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del estado de Querétaro, México. Bol. Soc. Geol. Mexicana, v.8, p. 1-10.

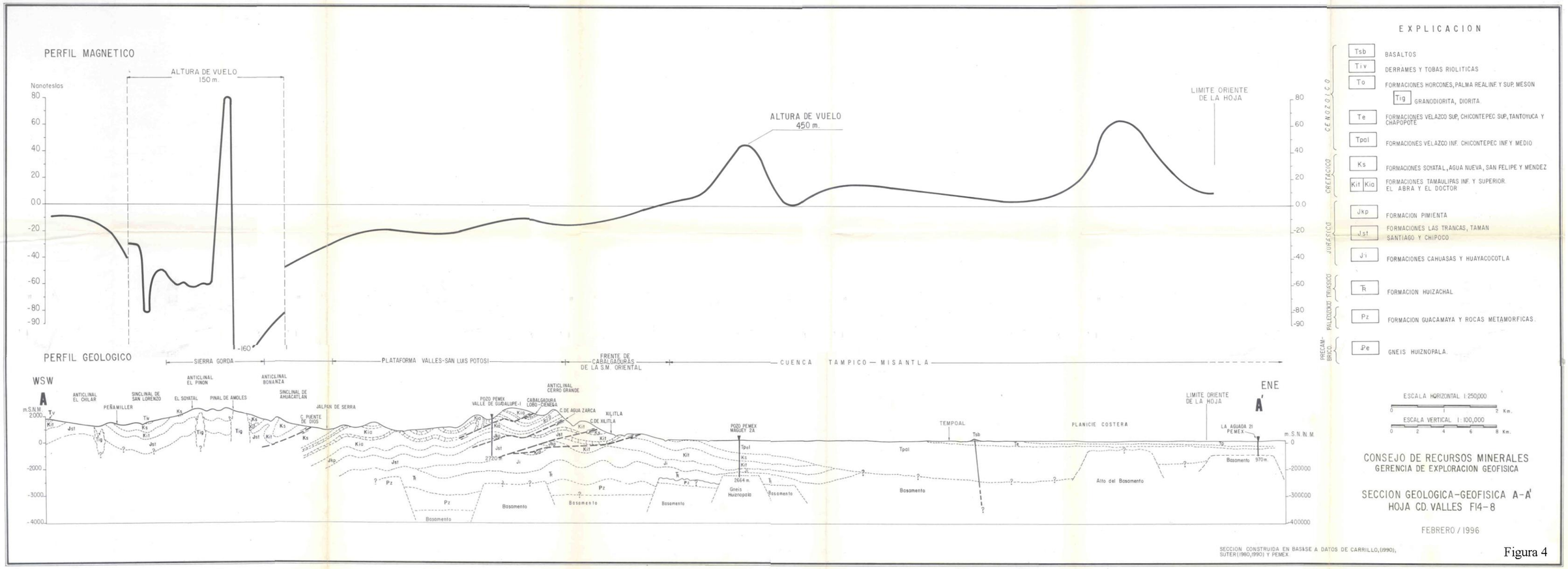

PERFIL MAGNETICO
Nanoteslas
ALTURA DE VUELO 150 m.
ALTURA DE VUELO 450 m.
LIMITE ORIENTE DE LA HOJA
PERFIL GEOLOGICO
WSW
A
ENE
A'
SIERRA GORDA
PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI
FRENTE DE CABALGADURAS DE LA S.M. ORIENTAL
CUENCA TAMPICO — MISANTLA
ANTICLINAL EL CHILAR
PEÑA MILLER
SINCLINAL DE SAN LORENZO
ANTICLINAL EL PINON
EL SOYATAL
PINAL DE AMOLES
ANTICLINAL BONANZA
SINCLINAL DE AHUACATLAN
JALPAN DE SERRA
C. PUENTE DE DIOS
POZO PEMEX VALLE DE GUADALUPE-1
CABALGADURA LOBO-CIENEGA
ANTICLINAL CERRO GRANDE
C. DE AGUA ZARCA
XILITLA
C. DE XILITLA
POZO PEMEX MAGUEY 2A
TEMPOAL
PLANICIE COSTERA
LA AGUADA 21 PEMEX
Alto del Basamento
Basamento
Gneis Huizopala
m.S.N.M.
EXPLICACION
Tsb BASALTOS
Tiv DERRAMES Y TOBAS RIOLITICAS
To FORMACIONES HORCONES, PALMA REAL INF. Y SUP. MESON
Tig GRANODIORITA, DIORITA
Te FORMACIONES VELAZCO SUP, CHICONTEPEC SUP, TANTOYUCA Y CHAPOPOTE
Tpal FORMACIONES VELAZCO INF. CHICONTEPEC INF Y MEDIO
CENOZOICO
Ks FORMACIONES SOYATAL, AGUA NUEVA, SAN FELIPE Y MENDEZ
Kit Kia FORMACIONES TAMAULIPAS INF. Y SUPERIOR. EL ABRA Y EL DOCTOR
CRETACICO
Jkp FORMACION PIMIENTA
Jst FORMACIONES LAS TRANCAS, TAMAN SANTIAGO Y CHIPOCO
Ji FORMACIONES CAHUASAS Y HUAYACOCOTLA
JURASICO
TR FORMACION HUIZACHAL
TRIASICO
Pz FORMACION GUACAMAYA Y ROCAS METAMORFICAS.
PALEOZOICO
Pe GNEIS HUIZNOPALA.
PRECAMBRICO
ESCALA HORIZONTAL 1:250,000
ESCALA VERTICAL 1:100,000
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
GERENCIA DE EXPLORACION GEOFISICA
SECCION GEOLOGICA-GEOFISICA A-A'
HOJA CD. VALLES F14-8
FEBRERO / 1996
SECCION CONSTRUIDA EN BASASE A DATOS DE CARRILLO, (1990), SUTER (1980, 1990) Y PEMEX.

Figura 4