CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

C A R T A M A G N É T I C A
“HOJA PACHUCA “ F14-11

ESTADOS DE HIDALGO, QUERÉTARO, VERACRUZ, PUEBLA Y MÉXICO
ESCALA 1 : 250 000

TEXTO GUÍA

POR: **Ings. Israel Hernández Pérez**
Julio Vélez López
Ramón Mérida Montiel

MÉXICO, 1996

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

Í N D I C E

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, en base a 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 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 1974, donde la presente carta a escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI, forma parte de una serie de publicaciones de este tipo y aportará información básica que permita fundamentar futuras exploraciones.

La carta magnética Pachuca F14-11 contiene información en una superficie de 23,081 Km^2 y corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por campo geomagnético de referencia internacional (IGRF); a partir de los vuelos aeromagnetométricos realizados durante los años 1994,1995 y 1996.

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 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 áreas específicas se podrán interpretar rasgos más detallados.

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

Una franja con rumbo NW 15^0 que parte de los distritos mineros de Maconi y Zimapán y se extiende 25 Km al SE, que corresponde a la zona de influencia de un intrusivo interpretado en el subsuelo, encajonando a sedimentos mesozoicos.

La zona de influencia del intrusivo localizado al norte del poblado San Andrés Pisaflores, en el nucleo del anticlinal de Pisaflores.
Los troncos intrusivos interpretados en las regiones mineras de La Pechuga y Bonanza.

CAPÍTULO II
GENERALIDADES

II.1. Fuentes de Información

Para la elaboración de ésta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en los años de 1994, 1995 y 1996. La información aeromagnética 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

Para los objetivos mineros a los cuales nuestro Organismo está dedicado, durante los años 1994, 1995 y 1996 se efectuaron los levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos de contorno con una altura promedio sobre el terreno de 450 m., con líneas de rumbo norte-sur y separación de 1000 m.

El levantamiento se realizó con 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), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel.

II.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 información de los vuelos realizados se tomó directamente de la grabación de datos magnetométricos en disco duro del equipo aerogeofísico, dicha información se exportó a la estación de trabajo SUN SPARC 10 donde fué procesada para obtener el mapa aeromagnético.
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 nivelación 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 del 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 8, 1992).

c).- Generación del Mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta magnética Pachuca 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 20 nanoteslas (nT). El equipo utilizado fué una estación de trabajo SUN SPARC 10 con disco duro de 6.3 GB, 128 MB de RAM y velocidad de 51 MHZ.

d).- Graficación

El desplegado gráfico se realizó en un graficador 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.

II.4.- Características de la Carta

La información contenida en la carta magnética Pachuca F14-11, escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI contiene información aeromagnética que abarca una superficie de 23,081 km^2.

La edición cartográfica se efectuó con el paquete ARC/INFO, los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron cada 100 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 fallas con líneas interrumpidas.

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 Pachuca F14-11 comprende cinco estados, la mayor parte de la cual abarca casi todo el estado de Hidalgo, la parte centro norte de Querétaro y la porción norte de los estados de Veracruz, Puebla y México.

Las rocas que afloran dentro de la superficie de la carta varían en edad desde el Precámbrico hasta el Reciente predominando las rocas sedimentarias del Mesozoico las cuales están plegadas, deformadas y afectadas por cuerpos ígneos y hacia la parte sur están cubiertas por rocas volcánicas y sedimentos del Terciario y Cuaternario.

La litología más antigua que aflora en la carta consisten en una serie de ortogneises máficos a intermedios fuertemente bandeados que se presentan asociados con paragneises, anfibolitas, mármoles y metacuarcitas. Su grado metámorfico es de la facies de granulita de piroxeno con metamorfismo retrógrado (Ruíz, et al., 1988) afloran cerca de Huiznopala, Hgo., en la parte centro-norte de la carta, en el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla constituyendo un alto estructural del basamento. Tienen una edad de 1210 ± 140 Ma (Fries y Orta, 1965); dataciones de granate de Sm-Nd dan una edad de 0.9 Ga que le asignan una edad Greenviliana (Ruiz, et al. op cit).

Aunque sus afloramientos son muy pequeños, menos de 5 Km^2, pozos exploratorios de Pemex (Camaitlán 1) confirman su presencia en el subsuelo al poniente de Chicontepec, Ver. a más de 2400 m bnm (López-Ramos, 1972).

Al oriente de la carta Pachuca, en la región de Poza Rica, en base a la magnetometría y datos de núcleos de pozos, Jacobo (1986) interpreta que la morfología del basamento consiste en una serie de fosas y pilares tectónicos con una tendencia NW-SE y N-S que continua hasta el subsuelo del Anticlinorio de Huayacocotla en la parte oriental de la carta y constituyen el basamento del Terreno Sierra Madre (Campa y Coney, 1983).

En la composición de este basamento predominan las rocas ígneas ácidas del Triásico y Paleozoico Superior seguidas de las rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico (Jacobo, 1986).

La distribución y morfología del basamento ha jugado un papel muy importante en la generación y migración de los hidrocarburos ya que controla el régimen de sedimentación de las rocas sobreyacentes y transmite la energía calorífica que es factor importante para la maduración térmica de la materia orgánica (López-Ramos, 1972). El basamento también influyó en el estilo de deformación durante la orogenia Laramide (Cserna, 1989).

Las rocas paleozoicas afloran por más de 30 Km, en el sector nororiente de la carta, en la región de Calnali, Hgo. a lo largo del núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla. Consisten de una secuencia sedimentaria de areniscas, conglomerados, calizas y lutitas con material carbonoso de más de 200 m de espesor que se depositaron en un ambiente marino somero. Descansan discordantemente sobre las rocas metamórficas del basamento y constituyen la Formación Guacamaya con fusulínidos y crinoides que le dan una edad del Pérmico Inferior (Silva, 1981; Pérez, 1978).

Las rocas mesozoicas están ampliamente distribuidas, sus afloramientos comprenden más de la mitad de la carta y están representadas por rocas triásicas, jurásicas y cretácicas.

SISTEMA TRIÁSICO

Las rocas triásicas consisten de lutitas, lutitas calcáreas, areniscas, limolitas y conglomerados de característico color rojo, verde y gris verdoso que alcanzan un espesor de mas de 2000 m. y constituyen la Formación Huizachal que aflora a casi todo lo largo del Anticlinorio de Huayacocotla por casi 100 Km desde Huauchinango hasta Calnali, en el estado de Hidalgo. Cerca de Tlahuelompa, éstas rocas contienen abundantes plantas fósiles (helechos) que le asignan una edad del Triásico Superior (Silva, 1963 y 1981).

Las rocasTriásicas se depositaron en un ambiente continental de fosas y pilares tectónicos (Santiago, et al., 1984).

SISTEMA JURÁSICO

Cubriendo discordantemente y en partes transicionalmente a las rocas triásicas se tiene una gruesa secuencia de sedimentos clásticos marinos del Jurásico, formada por lutitas carbonosas y limolitas interestratificadas con depósitos continentales hacia la base los cuales constituyen la Formación Huayacocotla que aflora a todo lo largo del Anticlinorio de Huayacocotla, en la porción oriental de la carta. Esta secuencia se depositó dentro de una estructura tipo graben de rumbo NW-SE de 600 Km de longitud que se ha interpretado como un Aulacógeno (Schmidt, 1980). Estas rocas alcanzan un espesor de más de 800 m y tienen una edad Jurásico Inferior (Liásico).

En la región del Anticlinorio del Huayacocotla las rocas clásticas marinas y continentales están cubiertas por sedimentos marinos del Jurásico Medio y Superior de las formaciones Tepexic, Santiago, Tamán y Pimienta (Santiago, et al., 1984; Cantu, 1971).

En la porción norte del Anticlinorio y dentro de la Formación Tamán aflora en varias localidades, un horizonte de manganeso sedimentario de edad Kimmeridgiana (Okita y Shanks, 1987).

En el extremo norponiente de la carta las rocas jurásicas están representadas por la Formación San Juan de la Rosa, que aflora en el núcleo del anticlinal El Chilar y constituye la unidad más antigua en la región; está constituida por una secuencia epimetamórfica volcanosedimentaria calcoalcalina con radiolarios de edad Jurásico Medio (Carrillo y Monroy, 1988). Esta unidad pertenece a un dominio eugeosinclinal; se desconoce su basamento pero por pertenecer al Terreno Guerrero puede ser de naturaleza oceánica (Campa y Coney, 1983) ó ser de naturaleza heterogenea acrecionado al continente (Centeno, et al., 1993).

El Jurásico superior, en la misma región, está representado por calizas, margas, lutitas apizarradas y niveles vulcanosedimentarios de la Formación Las Trancas (Carrillo, 1981) que contiene amonitas heteromorfos del Titoniano Tardío (González y Carrillo, 1986) y aflora en el núcleo de los anticlinales El Piñon y Bonanza (Carrillo y Suter, 1982).

La sedimentación durante el Jurásico Superior al Cretácico Inferior es contínua y transicional en toda la superficie de la carta haciendo díficil la separación de formaciones por litología, teniendo que recurrir a su contenido fosilífero.

SISTEMA CRETÁCICO

Durante el Cretácico Inferior toda la región estuvo completamente invadida por las aguas marinas depositándose conglomerados, calizas, areniscas y lutitas de las formaciones Peña Azul (Carrillo y Monroy, 1988) y Santuario (Segerstrom, 1962) en el sector norponiente de la carta, mientras que en la región del Anticlinorio de Huayacocotla se depositaron calizas de cuenca y talud de plataforma de las formaciones Chapulhuacán y Tamaulipas Inferior.

En el Albiano-Cenomaniano se desarrollaron enormes depósitos de rocas carbonatadas que dieron origen a las platafomas de Valles-San Luis Potosí (Carrillo-Bravo, 1971), Actopan (Carrasco, 1971) en la porción norte central de la carta y a la Plataforma El Doctor (Wilson, 1955) en la porción norponiente. Estas plataformas consisten de una secuencia de rocas carbonatadas de hasta 2000 m de espesor y varios kilómetros de longitud que constituyen las formaciones Tamaulipas Superior y el Doctor en la porción norponiente y las formaciones El Abra, El Doctor y Tamabra en la porción centro-norte de la carta. Se caracterizan por un conjunto complejo de litofacies con cambios verticales y laterales que varían drásticamente dentro de la plataforma (Carrasco, op cit.)

En áreas de circulación restringida, dentro de la plataforma, se depositan evaporitas de la Formación Guaxcamá representada por un horizonte de yeso en San Nicolás, Hgo., al norte de la carta (Suter, 1987).

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 forman la facies Taninul hacia el borde oriental de la plataforma (Carrillo y Suter, 1980).

Los depósitos de talud de la plataforma consisten de brechas sinsedimentarias y calizas bioclásticas que constituyen la Formación Tamabra y afloran en los bordes de las plataformas El Doctor y Valles-San Luis Potosí, graduando lateralmente hacia facies de cuenca (Suter, 1984).

Las facies de cuenca están constituidas por calizas de estratificación delgada con capas y nódulos de pedernal intercalados con capas finas de lutita y bentonita que alcanzan espesores que varían de 300 a 1200 m. Están representadas por las formaciones Tamaulipas Superior en la región de Zimapán, Hgo. y Tamaulipas Superior y Ahuacatlán en la región del Anticlinorio de Huayacocotla (Suter, 1990). Para la nomenclatura de las diferentes facies, en este trabajo se usa la recomendada por Carrasco (1970).

El Cretácico Superior, en la porción norponiente de la carta, está representado por una alternancia de lutitas, margas y calizas micríticas con variaciones laterales que cubren concordantemente a las rocas de plataforma y reciben el nombre de Formación Soyatal.
Estas rocas contienen numerosos pliegues y boudinage sinsedimentario, generalmente afloran en la parte central de los sinclinales y forman parte de la placa inferior de las cabalgaduras de Higuerillas, Jiliapan y El Doctor (Carrillo y Suter, 1982; Suter, 1987).
En la región del Anticlinorio de Huayacocotla el Cretácico Superior está representado por las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez que tienen

una litología tipo flysh y afloran en el flanco oriental del anticlinorio (Suter, 1990).

SISTEMA TERCIARIO

El Terciario está ampliamente representado predominando las rocas volcánicas que ocupan casi toda la parte sur de la carta. Las rocas terciarias más antiguas son los sedimentos marinos de las formaciones Velazco y Chicontepec que consisten en una alternancia de lutitas y areniscas de edad Paleoceno al Eoceno Inferior que se depositaron en la Cuenca Tampico-Misantla, elemento negativo limitado por bloques tectónicos fallados de rocas paleozoicas y mesozoicas (Santiago, et al., 1984), las rocas cenozoicas afloran en el extremo nororiente de la carta, en la región de Chicontepec, Ver. Estos sedimentos tienen una actitud casi horizontal y están poco deformados (Suter, 1990).

En la región de Zimapán, Hgo. y en el Valle del Río Metztitlán aflora una gruesa secuencia de conglomerados fluvio-lacustres de característico color rojizo con horizontes de marga, calizas y derrames basálticos que rellenan fosas tectónicas y constituyen la Formación El Morro de edad Eoceno-Oligoceno con un espesor máximo de 400 m en Zimapán, Hgo. (Segerstrom, 1962).

Las rocas volcánicas terciarias más antiguas de la carta parecen ser las rocas andesíticas-dacíticas y riolíticas del Grupo Pachuca que comprenden ocho formaciones volcánicas y afloran principalmente al norte de Pachuca, Hgo. cubriendo discordantemente a sedimentos cretácicos.

El Grupo Pachuca está constituido por derrames andesíticos-dacíticos, tobas y brechas asociadas; cubiertas por derrames y tobas riolíticas-dacíticas y localmente basaltos que en conjunto alcanzan un espesor máximo de más de 2000 m y característicamente están cortados por numerosos diques, en su mayoría riolíticos con rumbo N75^{0}W. La edad de éstas rocas varía desde el Oligoceno - Mioceno hasta el Plioceno y son importantes porque contienen mineralización económica a lo largo de fallas con rumbos E-W y N-S que dieron origen al distrito minero de Pachuca-Real del Monte, Hgo. (Geyne, et al., 1963).
En el extremo norponiente de la carta aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas andesíticas y riolíticas que se consideran producto de las últimas manifestaciones de la Sierra Madre Occidental en el Mioceno Medio, en su transición hacia el Arco de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrari, et al., 1994).

Las rocas volcánicas más antiguas asociadas a la Faja Volcánica Transmexicana, en la parte poniente de la carta, consisten de una serie de derrames y aglomerados andesíticos-dacíticos con intercalaciones de basaltos que afloran en la región de Zimapán, Hgo. y constituyen la Formación Las Espinas (Segerstrom, 1962), las cuales alcanzan un espesor de hasta 275 m. Andesitas de la cima de ésta formación dan una edad de 9.0 Ma (Mioceno Tardío, Cantagrel y Robin, 1979).

En la región de Los Algibes y Pathé, Hgo. afloran domos riolíticos y basaltos con una edad de 6.8 (Millones de años) (Suter, et al., 1995).

Las andesitas de los estratovolcanes La Joya, Xithi y Ñado representan una etapa de intensa actividad volcánica hace 6.4 Ma

(Silva, 1991). En la porción surponiente de la carta aflora una secuencia de rocas volcánicas que comprende derrames andesíticos, riolitas, tobas y basaltos que están genéticamente asociados a la Caldera de Huichapan, estructura volcano-tectónica de 10 Km de diámetro que constituye un ejemplo típico de centro volcánico con zoneamiento composicional dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferriz y Mahood, 1986). Esta estructura se formó por el colapso gravitacional del centro emisor debido a la erupción de la Toba Donguinyo hace 4.5 Ma emplazándose posteriormente unos domos en su caldera y varios conos de escoria y volcanes monogenéticos en los bordes y flancos de la caldera (Silva, 1991).

En la zona de Pathé, Hgo. existen manifestaciones de aguas termales asociadas a intensa alteración hidrotermal (sílice y caolín), a lo largo de zonas permeables originadas por la intersección de fallas con rumbos E-W y N-S de gran penetratividad, éstas últimas pueden estar aún activas.

Al suroriente de Ixmiquilpan, Hgo. también existen manifestaciones hidrotermales posiblemente relacionadas a las fallas con rumbo E-W que limitan hacia el sur al Graben Mezquital (Suter, et al., 1995).

En la parte oriental de la carta, desde Molango a Tlanchinol, Hgo. aflora una gruesa secuencia de basaltos con ignimbritas interestratificadas que se emplazaron a través de fisuras de rumbo NW-SE y alcanzan hasta 500 m de espesor (Robin y Bobier, 1975). Al oriente de Chicontepec, Ver. los basaltos se presentan en forma de cuellos volcánicos erosionados.

Estas rocas son de afinidad alcalina-toleítica y pertenecen a una serie diferenciada (Robin, 1976) cuya edad varía de 7.4 a 7.1 Ma,se ubican en la Provincia Oriental Alcalina (Cantagrel y Robin, 1979; Robin, 1976).

En la región de Tulancingo a Molango, Hgo. aflora una secuencia de basaltos interestratificados con ignimbritas alcalinas de 4.4 Ma (Cantagrel y Robin, 1979) que aumentan de espesor hacia el norte, incluyendo derrames de obsidiana cerca de Zacualtipán, Hgo.

Esta secuencia presenta intensa alteración hidrotermal dando origen a cuerpos irregulares de caolín en Agua Blanca, Huayacocotla y Zacualtiapán, Hgo. Se considera relacionada a la Faja Volcánica Transmexicana (Robin, 1976).

En la parte central de la carta, en el Valle del Mezquital y Valle del Río Metztitlán, Hgo. afloran gravas, arenas, arcillas, tobas, diatomitas, margas, calizas lacustres y horizontes de carbón (Zacualtipán) que constituyen las formaciones Tarango y Atotonilco que se forman en cuencas cerradas y fosas tectónicas. La fauna de vertebrados y mamíferos indica una edad del Plioceno Tardío para la parte superior de éstas formaciones en la región de Tulancingo, Hgo. (Carranza, 1991).

En el Valle del Río Metztitlán estos sedimentos lacustres están cubiertos por los basaltos Atotonilco de afinidad calcoalcalina con una edad de 2.5 Ma (Cantagrel y Robin, 1979). Estos mismos basaltos afloran en varias localidades en las porciones central y centro-norte de la carta, como remanentes de erosión y cubren discordantemente a sedimentos cretácicos y a la secuencia félsica de Huayacocotla.

En el Cerro de las Navajas, al oriente de Pachuca, Hgo. afloran rocas riolíticas que incluyen obsidiana. En los alrededores de Tulancingo, Hgo. afloran domos riolíticos.

Al poniente y sur de Pachuca, Hgo., Valle del Río Tula y alrededores de Tulancingo, Hgo. predominan rocas volcánicas de composición basáltica de edad cuaternaria que salieron a la superficie a través de fracturas con rumbo E-W (Graben de Tlaxiaca) y de múltiples volcanes monogenéticos que tienen una amplia distribución superficial al surponiente de Pachuca, Hgo.

Finalmente, el aluvión está representado por arenas, arcillas, gravas y depósitos de talud que rellenan las partes bajas de los valles y tienen gran distribución en el Valle de Tulancingo, extremo norte de la cuenca del Valle de México, Valle del Mezquital y los valles de Tequisquiapan y Cadereyta, Qro. al extremo poniente de la carta.

Rocas Igneas Intrusivas

Las rocas ígneas intrusivas afloran principalmente en el sector centro-norte y norponiente de la carta dentro de la prolongación sur de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y la Cuenca de Zimapán, Hgo. donde se presentan en forma de troncos y diques intrusionando a las rocas mesozoicas generalmente en el núcleo de estructuras anticlinales de rumbo NW-SE.

Estos cuerpos son postectónicos ya que afectan a las estructuras laramídicas, su composición varía de granodiorita-monzonita a diorita, todos de afinidad calcoalcalina y son importantes porque algunos están relacionados a mineralización polimetálica de plata, oro, plomo zinc y cobre en las localidades de Zimapán, Maconi, San Joaquín, La Encarnación, Bonanza y Pechuga, en el estado de Hidalgo.

Su edad varía de 41.5 Ma en Zimapán, Maconi, Nicolas Flores y La Encarnación, hasta 62.2 Ma en el Cerro del Aguila, Hgo. (Damon 1981 en Suter, 1984). Otros afloramientos importantes son la tonalita de Bernal, Qro. en el extremo norponiente de la carta y la granodiorita Chachahuantla, Pue. en el extremo suroriente así como otros cuerpos de pequeñas dimensiones que intrusionan a las rocas jurásicas de la Formación Huayacocotla en la región de Tenango de Doria y Huayacocotla; (C.R.M., 1994) localmente estos cuerpos contienen abundante pirita diseminada y alteración hidrotermal, sin embargo, su distribución, edad e importancia económica no ha sido aún documentada.

Al norponiente de El Cardonal, Hgo., aflora un domo riolítico (San Clemente) con mineralización aurífera diseminada (CRM, 1992 a).

En la Sierra de Pachuca, Hgo. afloran numerosos diques de composición andesítica y riolítica con algunos domos riolíticos que cortan a las rocas volcánicas del Grupo Pachuca. Los diques son preminerales y algunos están asociados a la mineralización económica, (Geyne, et al., 1963). El emplazamiento de estos cuerpos ígneos ocurrió durante la migración del Arco magmático hacia el oriente durante la orogenia Laramide (Clark, et al., 1982).

Geología Estructural

El marco estructural que predomina en la carta es el resultado de los efectos comprensivos de la orogénia Laramide y

de la tectónica distensional del Terciario Medio que dieron origen a la Sierra Madre Oriental y a la Faja Volcánica Transmexicana.

El estilo de deformación que presentan las rocas mesozoicas y cenozoicas marinas está controlado por la litología y espesor de las rocas carbonatadas de la facie de plataforma que poseen una alta competencia estructural a diferencia de las formaciones jurásicas (Las Trancas, Santiago, Tamán y Pimienta) y del Cretácico Superior (Soyatal, Agua Nueva, San Felipe y Méndez) que por su litología clástico-calcárea son mecanicamente incompetentes.

Lo anterior quedó comprobado durante la orogenia Laramide con el desarrollo de grandes plegamientos asimétricos y cobijaduras en los bordes de las plataformas, mientras que en las facies de cuenca y del interior de la plataforma, solo se desarrollaron pliegues amplios de rumbo NNW-SSE lo que implica una dirección ENE-WSW de la componente horizontal máxima del campo de esfuerzos que originó éstas estructuras con una vergencia hacia el NE (Carrillo y Suter, 1982; Suter, 1980, 1990).

Las cabalgaduras tienen desplazamiento hacia el NE de varios kilómetros; algunas de éstas estructuras han sido identificadas en la porción norte y norponiente de la carta y han sido bien documentadas calculándose incluso los valores de acortamiento (Carrillo, 1990).

Los plegamientos anticlinales y sinclinales y las cabalgaduras antes mencionadas son las principales estructuras laramídicas que se presentan en la carta y en conjunto forman los anticlinorios de El Piñon, en la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental y el Anticlinorio de Huayacocotla a todo lo largo de la vertiente oriental. El plegamiento de las rocas mesozoicas presenta un rumbo general NW-SE que sufre una ligera inflexión en la porción central haciéndose casi de rumbo norte-sur.

Los sedimentos marinos del Terciario también están afectados por la deformación laramídica a una escala más moderada con algunas cabalgaduras pequeñas de carácter local en la región de Chicontepec, Ver. (Santiago, et al., 1984; Suter, 1990).

Los principales mecanismos de la deformación laramide fueron el cizallamiento discreto, paralelo y oblicuo a la estratificación y la estilotización tectónica (Suter, 1990).
Numerosas fallas normales y fracturas cortan a las rocas sedimentarias y volcánicas. El principal sistema de fallas tiene una dirección NW-SE y está afectado por un segundo sistema de fallas con rumbo NE-SW.

El primer sistema de fallas se formó inmediatamente después de la fase de plegamiento laramídico y posiblemente se ha reactivado durante períodos cortos en el Terciario asociado a actividad volcánica basáltica en la región de Tlanchinol, Hgo. como se comprobó durante la verificación de campo al identificar un dique basáltico con dirección NW-SE al poniente de Calnali, Hgo.

En la Formación Las Trancas se identifican fallas intraformacionales (Carrillo, 1990); la Formación Cahuasas también presenta fallas sinsedimentarias (Suter,1990) que limitan un alto estructural del basamento donde se ubican los gneises precámbricos de la Formación Huiznopala.

En la porción oriental de la carta existen sectores donde los pliegues y el fallamiento de las rocas mesozoicas involucran al basamento ígneo y metamorfico (López-Ramos, 1972).

En la parte central y poniente de la carta una actividad tectónica de tipo distensivo produce fallas normales de rumbo E-W que cortan a fallas N-S del sistema de Sierras y Valles. (Henry y Aranda, 1992). Estas fallas han sido bien documentadas en la región de Los Algibes donde constituyen el limite norte de la Faja Volcánica Transmexicana y posiblemente sean la continuación occidental de la falla maestra norte del Graben Mezquital, sísmicamente activo (Suter, et al., 1995). Al poniente de Pachuca, Hgo. fallas de rumbo E-W limitan al Graben de Tlaxiaca (CRM , 1992)

Los grabens Mezquital y Tlaxiaca son las estructuras E-W más orientales dentro de la Faja Volcánica Transmexicana.

En la zona de Pathé, Hgo. sector poniente de la carta, la intersección de fallas E-W con fallas N-S más jóvenes, está asociada con actividad geotérmica. Estas fallas N-S pueden estar aún activas.

Evolución Tectónica

La presencia de rocas precámbricas y paleozoicas como basamento del Anticlinorio Huayacocotla, en la parte oriental de la carta, demuestran que la región ha tenido una larga y compleja evolución geológica que puede estar relacionada al Complejo Acatlán del sur de México y representar la continuación en el subsuelo de la Faja Orogénica Apalachiana a través del oriente de México demostrando así una afinidad protoatlántica para la evolución tectónica del sur de México (Ortega, 1981, Ruíz, et al, 1988).

La historia prepaleozoica de la región aún es motivo de discusión por la falta de afloramientos contínuos de rocas precámbricas, lo que limita su estudio y correlación por ser muy pocos y estar muy dispersos.

Prácticamente la evolución de la región se inicia en el Paleozoico Superior donde en un ambiente marino y mixto se depositaron sedimentos marinos de la Formación Guacamaya que son plegados y en algunos sectores metamorfizados por la orogenia Apalachiana debido al Cierre del Protoatlántico. (Ortega, 1981).

En el Triásico Medio a Superior, producto de una tectónica de tipo Germánico se forman grandes cuencas intermontanas en el basamento Precámbrico-Paleozoico donde se depositan los sedimentos clásticos fluviales de la Formación Huizachal. Al mismo tiempo hacia el norponiente se depositaron sedimentos marinos en Zacatecas y Charcas, S.L.P. en el borde del Cratón de Norteamérica (Cserna, 1989; Coney, 1983).

A principios del Jurásico Inferior un fallamiento en bloques, asociado a un rift ontinental, dá origen a la formación de pilares y fosas tectónicas de dimensiones corticales lo que provoca una transgresión marina de afinidad Pacífica. En una de estas fosas se depositan los sedimentos marinos de la Formación Huayacocotla.

A fines del Jurásico Inferior un período de deformación produce plegamiento con emersión parcial de algunos bloques de la región depositándose en estos, sedimentos continentales de la Formación Cahuasas.

Durante el Caloviano - Oxfordiano se completa la Apertura del Golfo de México dando origen a una gran transgresión marina, las tierras positivas forman archipiélagos separados por cuencas marinas de profundidad variable donde se depositaron los sedimentos marinos de diferentes facies de las formaciones Tepexic, Santiago, Tamán y Pimienta. Los cambios de facies bruscos reflejan la inestabilidad tectónica de la región.

A principios del Jurásico Superior la región norponiente de la carta sufre un proceso de deformación dando origen al crucero y metamorfismo de bajo grado de la Formación San Juan de la Rosa (Carrillo y Monroy, 1988) evidenciando una orogenia Finijurásica o Nevadiana que actuó en el norponiente de México (Mullan, 1978).

Las grandes discordancias entre las rocas mesozoicas y el basamento metamófico en la parte oriental de la carta, son indicativos que partes de esta zona permanecieron emergidas y/o hundidas durante largo tiempo.

En el Cretácico Inferior casi toda la región es invadida por las aguas marinas depositándose las formaciones Santuario y Peña Azul al norponiente de la carta y las formaciones Chapulhuacán y Tamaulipas Inferior al oriente de la carta.

Durante el Albiano-Cenomaniano se desarrollaron grandes plataformas carbonatadas en las partes someras (formaciones El Abra y El Doctor) con núcleos arrecifales en sus bordes y taludes (Formación Tamabra) y depósito de calizas de cuenca (formaciones Tamaulipas Superior y Ahuacatlán).

A principios del Cretácico Superior se inicia un levantamiento gradual del norponiente de México desde el poniente al oriente lo que provoca un cambio brusco en el régimen de sedimentación depositándose las formaciones calcáreo-arcillosas Soyatal, Agua Nueva, San Felipe y Méndez (Morán, 1986).

A fines del Cretácico Superior, en el Maestrichtiano, se inicia la orogenia Laramide (Coney, 1983) 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 frontal a lateral izquierdo, generando grandes movimientos tectónicos de desplazamiento siniestral que llevaron a la formación de America Central y a una mayor Apertura del Golfo de México. (Anderson y Schimdt, 1983).

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

Desde el Paleoceno Inferior hasta el término de la orogenia Laramide la región es afectada por un evento magmático durante el cual se emplazan cuerpos graníticos, algunos con mineralización polimetálica asociada, en respuesta a la regresión del arco magmático.

En el Oligoceno-Mioceno la región nororiente de la carta estuvo sometida a transgresiones y regresiones marinas dando origen a sedimentos arcillo-arenosos y conglomerados. Al final del Mioceno se produce una regresión

paulatina de las aguas marinas hasta la actual línea de costa (Santiago, et al., 1984).

Casi al mismo tiempo, en la porción centro-sur de la carta; ocurre un evento volcánico intermedio a félsico relacionado a la actividad de la Sierra Madre Occidental y dá origen a la Sierra de Pachuca con mineralización epitermal asociada a derrames de andesitas y riolitas. Este evento se considera la última actividad de la Sierra Madre Occidental.

La migración del volcanismo silícico del Arco de la Sierra Madre Occidental al volcanismo intermedio a máfico del Arco de la Faja Volcánica Transmexicana ocurre gradualmente en respuesta al desarrollo progresivo de la Trinchera de Acapulco durante el Mioceno Temprano a Medio (Ferrari, et al., 1994).

En el Mioceno Medio (16 Ma) se inicia la formación de un Arco volcánico intermedio a máfico de afinidad calcoalcalina como respuesta a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa de Norteamerica que con el paso del tiempo adquiere una amplia distribución con una orientación oeste-este cuya actividad ha sido contínua hasta el presente y que hacia la parte oriental de la carta se traslapa con el volcanismo alcalino del oriente de México. (Ferrari, et al., 1994; Demant, 1978, Cantagrel y Robin, 1979).

En el Mioceno Tardío prevalece en la región, principalmente en el sector poniente y nororiental de la carta, una tectónica distensional de rumbo NNW-SSE relacionada a la tectónica de Sierras y Valles (Henry y Aranda, 1992) con volcanismo basáltico asociado e ignimbritas en la región de Tlanchinol, Hgo. (Robin, 1976).

Desde el Mioceno Tardío hasta el Plioceno Tardío se inicia una intensa actividad volcánica en toda la región que da origen a grandes estratovolcanes andesíticos en la porción surponiente de la carta. (La Joya, Ñado y Xithi) y a extensos campos volcánicos en la región de Zimapán (Formación Las Espinas) y Pathé, Hgo.

En el Plioceno tardío una intensa actividad volcánica alcanza su climax con la formación de la Caldera de Huichapan que estuvo acompañada de volcanismo postcaldera, fallamiento tensional con formación de cuencas endorreicas y fosas tectónicas donde se formaron lagos depositándose los sedimentos lucustres de las formaciones Tarango en la porción poniente de la carta y Atotonilco al noreste de Pachuca, Hgo.

Esta etapa culmina con la erupción de grandes volúmenes de basaltos a través de fisuras (basaltos Atotonilco) y conos monogenéticos principalmente en la porción centro sur, al surponiente de Pachuca, Hgo. y en los alrededores de Tulancingo, Hgo. Un evento tensional da origen a las estructuras tipo graben de Mezquital, Tlaxiaca y Los Algibes, Hgo.

Durante el Cuaternario el avance de los sistemas hidrológicos hacia sus cabeceras produce la erosión de los antiguos lagos pleistocénicos principalmente en la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental y en el Valle del Mezquital, Hgo. El volcanismo basáltico mas joven se ubica hacia sur, lo que indica una migración actual del frente volcánico hacia la trinchera.

Mineralización

Las principales manifestaciones de mineralización polimetálica dentro de la carta ocurren en el sector norponiente a lo largo del flanco occidental de la Sierra Madre Oriental y están genéticamente asociadas a cuerpos ígneos post-laramídicos de composición intermedia a félsica en forma de troncos y diques que afectan a las rocas mesozoicas desarrollando zonas de skarn con vetas y chimeneas mineralizadas de gran tamaño, como en el distrito de Zimapán, Hgo., donde la mineralización económica consiste de calcopirita, galena, esfalerita y sulfosales de plata. Las rocas encajonantes son fundamentalmente las rocas calcáreas de la Formación El Doctor (Morín, et al., 1986).

En el distrito Maconi, Qro., también existe mineralización similar producida por un tronco granodirítico que afecta a rocas de las formaciones El Doctor y Soyatal generando cuerpos irregulares y en forma de chimeneas al bajo de diques aplíticos de los que se desprenden cuerpos en forma de mantos. Existen varios cuerpos importantes entre los que destaca La Negra, (C.R.M., 1992b) que contiene mineralización económica de plata, plomo, zinc, cobre y oro.

En la porción centro-sur de la carta se ubica el mundialmente famoso distrito de Pachuca-Real del Monte, Hgo., que desde su descubrimiento en 1528 ha producido más de 47 000 Ton. de plata y 200 Ton. de oro (Buchanan y Durning, 1990).

La mineralización en el distrito se presenta fundamentalmente en forma de vetas de cuarzo a lo largo de fallas y diques que cortan a las rocas volcánicas terciarias del Grupo Pachuca. Estas vetas tienen un espesor promedio de 0.90 a 1.50 m con diseminación de valores en los respaldos y desarrollo de clavos minerales ricos en zonas favorables.

La mineralización económica consiste de argentita, esfalerita, pirita, calcopirita polibasita y oro libre en una ganga principalmente de cuarzo, calcita, barita y bustamita. (Geyne, et al., 1963).

En Pachuca predominan las vetas con dirección E-W y NW-SE, sin embargo en Real del Monte, Hgo., las más importantes son las vetas N-S que están desplazadas por las primeras y se caracterizan por ser más ricas en oro.

A pesar de la intensa explotación a que ha sido sometido el distrito desde su descubrimiento existen argumentos bien fundamentados que indican que aún quedan cuerpos minerales por descubrir en varias areas del distrito, principalmente en el sector poniente, lo que hará que la producción del distrito retorne al nivel de sus mejores años (Buchanan y Durning, op. cit.).
En el extremo poniente de la carta, en la Mina San Martín, Qro., existe mineralización de plata y oro en forma de vetas y una chimenea de 40 m de diámetro en las rocas calcáreas de la Formación Soyatal (CRM, 1992 b) .

En la región de La Encarnación, al norponiente de Zimapán, Hgo., se tienen yacimientos del tipo metasomatismo de contacto con óxidos de Fierro (magnetita) y sulfuros de cobre, zinc y plata con valores de oro.

Al norte de El Cardonal, Hgo., existen evidencias de óxidos de fierro en forma de vetas y chimeneas con textura de reemplazamiento en rocas carbonatadas de la formación El Doctor (CRM, 1992 a).

En San Clemente, al norponiente de El Cardonal, Hgo., existen evidencias de mineralización aurífera diseminada y en vetillas en un pórfido riolítico que intrusiona calizas con presencia de fluorita en la zona de contacto. (CRM, 1992 a).

En la región de San Joaquín, Qro., existe mineralización de mercurio en fracturas y fallas de la formación El Doctor, este metal ha sido explotada desde la época prehispánica dando origen a las minas más grandes de Querétaro. Actualmente el distrito está inactivo por la poca demanda de éste elemento.

Es notable que en la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental no existan evidencias superficiales de mineralización asociada a magmatismo, solamente se tienen numerosas manifestaciones superficiales de manganeso desde Nonoalco hasta Otongo, en el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla.

La mineralización consiste en carbonato de manganeso (rodocrosita) en capas finamente laminadas que alcanzan 20 m de espesor y una longitud a rumbo de casi 50 Km. Los valores de manganeso son más altos en la base y disminuyen gradualmente hacia arriba.

El horizonte mineralizado constituye la base de la Formación Tamán del Jurásico Superior, y está cubierto por calizas manganesíferas de apariencia similar con bajo contenido de manganeso.

Este yacimiento es el depósito de manganeso sedimentario más grande de Norteamérica con un volúmen de más de 1000 millones de toneladas de reservas. El origen del manganeso posiblemente esté asociado a un centro de expansión relacionado a la Apertura del Golfo de México (Okita y Shanks, 1987).

La gran distribución superficial de las rocas carbonatadas mesozoicas le confieren a la región un enorme potencial para la exploración y explotación de yacimientos de minerales no metálicos derivados de éstas rocas como mármol, dolomita, calcita y fosforita.
Al norponiente de la carta, dentro del banco calcáreo El Doctor existen numerosas manifestaciones de calizas marmorizadas que tienen gran demanda comercial. Otras localidades, importantes productoras de mármol, son Zimapán, La Encarnación (Barranca de los Mármoles) y la región nororiente de Huichapan (CRM, 1992 a).

En la región de Tula y Huichapan, Hgo., se explotan calizas de la Formación El Doctor para la industria del cemento y en Bernal, Qro., se utilizan las calizas de la formación Soyatal para la elaboración de cal. En Tepatepec y San Miguel Acambay, en la parte central de la carta, se extrae dolomita y calcita de la Formación El Doctor.

En Pacula, Hgo., se extrae fosforita derivada de las rocas carbonatadas de la formación El Doctor con alta concentración de fósforo. Horizontes de yeso asociados a calizas arrecifales de la formación El Doctor afloran en el poblado de San Nicolás, Hgo.

En la parte oriental de la carta existen varias manifestaciones de caolín derivado de la alteración hidrotermal de tobas y brechas riolíticas, se explota a cielo abierto en Agua Blanca, Huayacocotla, Zacualtipán, Acaxochitlán y Tulancingo, Hgo.

Al oriente de Tequisquiapan y Ezequiel Montes, Qro., también existen depósitos irregulares de caolín derivados de rocas riolíticas. En la Sierra de La Llave, al poniente de Tequisquiapan, Qro., hay manifestaciones de ópalo hidrotermal en rocas riolíticas de gran demanda como piedra semipreciosa (C.R.M., 1992 b)

Al surponiente de El Cardonal, Hgo., se explotan horizontes de diatomita emplazados dentro de los sedimentos lacustres de la Formación Tarango.

En la región de Huichapan, al surponiente de la carta, en varias localidades se explotan los diferentes tipos de tobas e ignimbritas (Cantera) derivadas de la Caldera de Huichapan, que tienen gran demanda para la construcción y para la elaboración de diversos productos ornamentales. En los alrededores de Tulancingo, Hgo., se explotan bancos de pumicita y escoria basáltica.

Al oriente de Pachuca, Hgo., en el Cerro de las Navajas, se localiza uno de los yacimientos de obsidiana más importantes, de donde salió gran parte de la obsidiana que se comercializó en Mesoamérica; actualmente su producción se emplea para la fabricación de artesanias.

En esta misma región existen extensos afloramientos de tobas riolíticas de la formación Tezuantla que se explotan para material de construcción. La gran cantidad de conos cineríticos y volcanes monogenéticos en la porción centro-sur y suroriente de la carta proporcionan la materia prima para la extracción de material para la elaboración de agregados pétricos (gravas y arenas).

En general lo más relevante de la carta, desde el punto de vista geológico, es la presencia de un basamento cristalino en la porción oriental, lo cual está confirmado por datos de pozos de Pemex y por la respuesta magnetométrica característica de estas rocas (A_1); la cual no se presenta en la porción occidental de la carta, sugiriendo la ausencia de estas rocas como basamento. Por lo anterior se puede decir que con el presente trabajo se definen exactamente con magnetometría, los límites entre los terrenos Sierra Madre al oriente y terreno Guerrero al poniente, propuestos por Campa y Coney (1983).

Este basamento metamófico, como prolongación hacia el sur del cratón de Norteamérica, jugó un papel fundamental como Antepaís durante la orogenia Laramide siendo un factor principal para definir el estilo estructural de deformación de la Sierra Madre Oriental. El papel de este basamento en la regresión del Arco magmático hacia la actual trinchera y en la ausencia aparente de yacimientos magmáticos en el flanco oriental de la Sierra Madre Oriental, aún es motivo de debate que debe ser definido con estudios adicionales.

Actualmente, con la Carta Geológico-Minera Pachuca se integrará un informe geológico más detallado de campo con el que se complementa la presente información que corresponde a una síntesis de investigación bibliográfica con verificación de algunas localidades de interés.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la carta Pachuca F14-11 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 en base al 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 analisis 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, trabajando a escalas 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 la carta Pachuca F14-11 se identificaron cinco unidades magnéticas indicadas con la letras: 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 caracteristicas geofísicas de éstas unidades de explican a continuación (figura No. 1).

Las unidades magnéticas identificadas como A_1 y A_2 se atribuyen a rocas intrusivas de composición ácida a intermedia e intermedia a básica respectivamente.

Dada la ambiguedad que se obtuvo en la identificación litológica de las unidades A_1 y A_2 que pueden confundirse con las unidades B_1 y B_2, fué necesario realizar algunas verificaciones de campo para corroborar rasgos litológicos o evidencias estructurales que indiquen la presencia de cuerpos intrusivos ocultos o aflorando parcialmente.

La unidad magnética A1 se caracteriza por su respuesta en forma de monopolos y dipolos magnéticos, su intensidad varía de -80 a +200 nT. Esta unidad se presenta en las porciones centro-norte y oriente de la carta.

En la porción centro-norte, se detectan diez cuerpos magnéticos A_1, que conforman una estructura semicircular, están cubiertos parcialmente por rocas sedimentarias mesozoicas y son correlacionables con afloramientos de rocas intrusivas; todos ellos relacionados con mineralización polimetálica, los depósitos más importantes son Distrito Zimapán y Distrito La Negra.

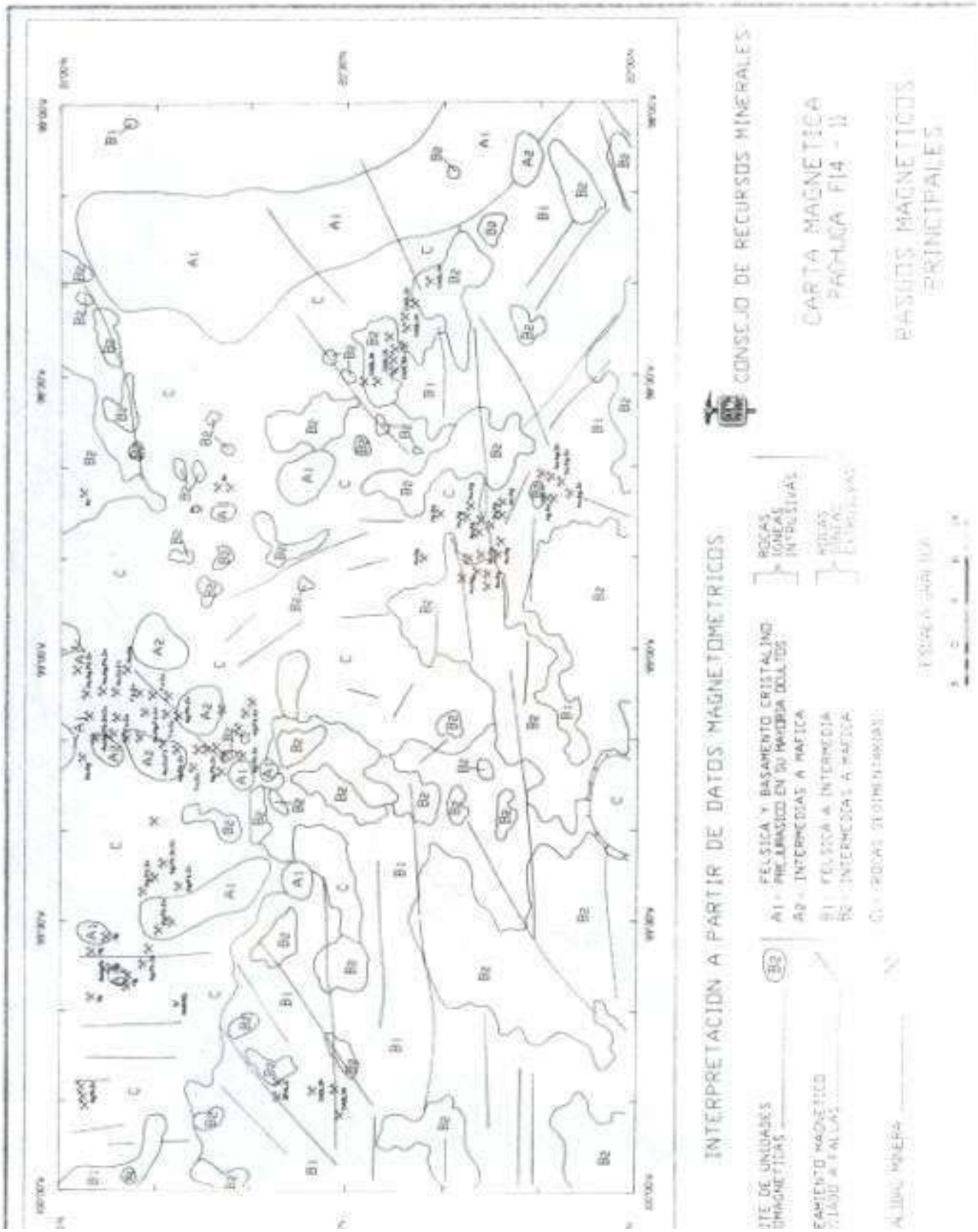
Hacia la porción oriental de la carta se localiza un extenso monopolo magnético de baja intensidad con dimensiones de 90 Km de longitud y un ancho promedio de 20 Km; tiene un rumbo norte-sur y de acuerdo a información de pozos de Pemex (López, 1972) se atribuye al basamento ígneo y

metamórifco pre-Jurásico (Gneis Huiznopala), éste extenso monopolo magnético, está cubierto por las rocas sedimentarias terciarias que rellenan la Cuenca Tampico-Misantla.

En la porción centro-oriente se presentan dos unidades magnéticas A_1 de baja intensidad, cubiertas por una potente secuencia de rocas sedimentarias mesozoicas, se atribuyen a bloques levantados del basamento ígneo y metamórifco pre-Jurásico.

La unidad magnética A_2 está representada por las respuestas magnéticas dipolares y monopolares bien definidas, con intensidades magnéticas mayores de +500 nT. Estos dominios magnéticos se encuentran distribuidos principalmente al centro-oriente y surponiente de la carta.

En la porción centro-norte cinco unidades A_2 conforman una estructura semicircular los cuales tienen correlación parcial con afloramientos de intrusivos y con mineralización polimetálica asociada; se interpreta debido a su alta intensidad magnética que las unidades A_2 están emplazadas a poca profundidad y constituyen un bloque tectónico delimitado por fallas regionales con rumbos NW-SE y NE-SW.


INTERPRETACION A PARTIR DE DATOS MAGNETOMETRICOS
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
CARTA MAGNETICA
PACHUCA F14 - 12
RASGOS MAGNETICOS
PRINCIPALES

En la porción surponiente de la carta, en el poblado de Chachahuantla, estado de Puebla, se detecta una unidad magnética A_2 que se correlaciona con un afloramiento de intrusivo, cubierto en parte por una potente secuencia de derrames basálticos, no existe mineralización asociada.

Para apoyar la interpretacion de las unidades A_1 y A_2 como intrusivos magnéticos, a los datos magnetométricos se les realizó una continuación de campo a 2000 m sobre el nivel del terreno, con ésto se eliminó la respuesta magnética de las capas superficiales de rocas volcánicas, dando por resultado en algunos casos integración de las anomalías magnéticas a profundidad; correlacionandose con los intrusivos interpretados en el mapa original, lo que confirma la interpretación (Figura No. 2).

En la porción norponiente de la carta, se interpreta en base a la continuación de campo magnético a 2000 m, un extenso monopolo mayor de 30 Km. de longitud y con rumbo NW-SE que se correlaciona en la superficie con afloramientos de rocas intrusivas en las regiones mineras de Zimapán, Hgo. y La Negra, Qro., las cuales se ubican en los flancos norponiente y norte de éste extenso monopolo magnético; es de interés la exploración geológico-minera de los flancos poniente y sur.

Al centro-norte de la carta se detectan a profundidad tres cuerpos magnéticos de formas dipolares y monopolares, que se interpretan como intrusiones ígneas emplazadas en fallamientos con rumbos NW-SE y NE-SW. Se correlacionan en superficie con las rocas intrusivas de Nicolas Flores, La Encarnación, Plomosas, Cerro del Aguila y Cardonal, en el estado de Hidalgo; de los cuales en la mayoría existe mineralización polimetálica asociada.

Al oriente de la carta se presenta un extenso monopolo magnético de 70 Km de longitud y 20 Km de ancho, que se atribuye al basamento metamorfico constituido por rocas igneas y metamórficas, el cual sirvió de barrera a los plegamientos y cabalgaduras laramídicas originadas por esfuerzos del surponiente hacia el nororiente.

Hacia el extremo suroriental, se detectó a profundidad la respuesta magnética del intrusivo de Chachahuantla, Pue. el cual se encuentra cubierto en su mayor parte por potentes derrames basálticos.

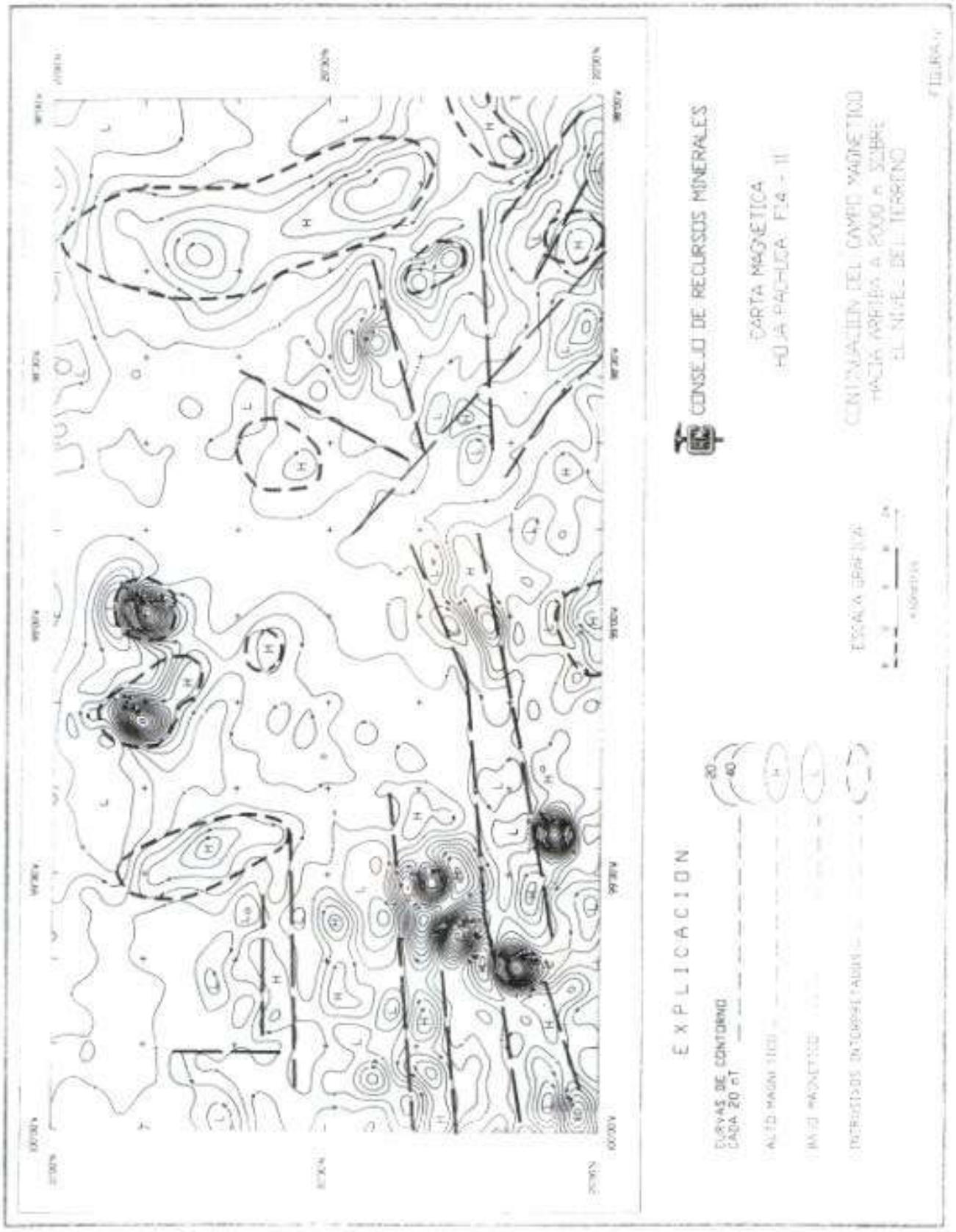
En la porción oriental de la carta y al norte del poblado de Tulancingo, se presentan tres cuerpos magnéticos de formas dipolares y monopolares que se correlacionan en superficie con grandes espesores de rocas volcánicas de composición básica. La interpretación sugiere dos posibilidades:

Rocas ígneas plutónicas o hipabisales como raíz de los aparatos volcánicos que se observan en superficie.

Acumulación de grandes espesores de rocas volcánicas magnéticas.

Al oriente del poblado de Meztitlán persiste a profundidad un alto magnético cubierto por un gran espesor de rocas sedimentarias calcáreas, se interpreta como un posible cuerpo intrusivo emplazado a profundidad.

Las unidades magnéticas B_1 y B_2, se atribuyen a rocas volcánicas de


CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
CARTA MAGNETICA
HOJA PACHUCA F14 - 11
CONTINUACION DEL CAMPO MAGNETICO
HACIA ARRIBA A 2000 m SOBRE
EL NIVEL DEL TERRENO
FIGURA 7
EXPLICACION
CURVAS DE CONTORNO
CADA 20 nT
20
40
ALTO MAGNETICO
BAJO MAGNETICO
DIRECCIONES INTERPRETADAS
ESCALA GRAFICA
KILOMETROS

composición ácida a intermedia e intermedia a básica respectivamente. Estas unidades B_1 y B_2 tienen una amplia distribución y ocupan el 60% de la superficie total cubierta por la carta.

La unidad magnética B_1 está representada por intensidades de -100 a +100 nT, conforma altos, bajos y tendencias irregulares. Se presenta ampliamente distribuida en la porción sur de la carta. Esta unidad B_1 se correlaciona con las rocas volcánicas andesíticas y riolíticas pertenecientes a la Faja Volcánica Transmexicana.

La unidad magnética B_2 se caracteriza por un agrupamiento de anomalías monopolares y dipolares de alta intensidad, pequeñas dimensiones y distribución caótica, con intensidades magnéticas que varían de -500 a +500 nT.

Las unidades B_2 tienen amplia distribución y se presentan en las porciones oriente, centro, surponiente y sur, ésta última es la más extensa y se correlaciona con las rocas volcánicas de composición andesítica a basaltica pertenecientes a la Faja Volcánica Transmexicana.

En base a la continuación de campo a 2000 m sobre el nivel del terreno, se interpretan 3 cuerpos magnéticos de formas dipolares y monopolares ubicados en la porción suroriental de la carta; se correlacionan en superficie con grandes espesores de rocas volcánicas de composición básica. Estos cuerpos magnéticos se atribuyen a grandes acumulaciones de rocas volcanicas.

En las porciones suroriental, oriente y sur, se definen tres dominios magéticos que reflejan a profundidad grandes espesores de rocas volcánicas de composición intermedia a básica, relacionados con la Faja Volcánica Transmexicana.

En la porción oriental se detecta la presencia a profundidad de las rocas generadoras de la Caldera de Huichapan, así como de los aparatos volcánicos adyacentes.

La unidad magnética C se caracteriza por un dominio que representa el nivel de fondo con anomalías monopolares negativas de poca intensidad, con intensidades que varían de -20 a +20 nT. Esta unidad C se atribuye a rocas sedimentarias mesozoicas, rocas volcánicas ácidas y derrames basálticos poco magnéticos.

La unidad magnética C tiene amplia distribución y cubre un 40% de la superficie total de la carta, ocupa la mitad norte, comprendiendo también una pequeña porción hacia el extremo sur.

Dentro de la superficie de la carta se interpretaron cuatro sistemas de lineamientos magnéticos con rumbos E-W, NW-SE, NE-SW y N-S, se atribuyen a fallas profundas que no siempre tienen manifestación superficial.

Los lineamientos magnéticos de rumbo E-W, tienen extensiones que varian entre 20 y 40 Km, se presentan ampliamente distribuidos en la porción centro-sur de la carta. Se interpretan como fallamientos corticales normales asociados a la Faja Volcánica Transmexicana.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE, con 25 Km de extensión promedio, se presentan en la porción centro-oriental de la carta. Se atribuyen a fallamientos corticales que sirvieron de conducto para el emplazamiento de los

intrusivos de la región de Nicolas de Flores, La Encarnación y Cerro del Aguila, El Carrizal, Pechuga y Bonanza, en el estado de Hidalgo.

Los lineamientos magnéticos de rumbo NE-SW, con longitudes promedio de 25 Km y que se ubican en los extremos poniente y oriente de la carta, se atribuyen a fallamientos regionales recientes.
Los lineamientos magnéticos de rumbo N-S tienen longitudes que varian entre 10 y 30 Km, se localizan principalmente en extremo norponiente de la carta y se interpretan como fallamientos asociados a la tectónica distensiva de Sierras y Valles.

En base a la continuación de campo magnético a 2000 m, sobre el nivel del Terreno se interpretaron extensos lineamientos magnéticos con rumbos NE-SE, NW-SW y E-W.

Los lineamientos NW-SE localizados en la porción central de la carta se detectan a profundidad en longitudes del orden de 70 Km, controlan el emplazamiento de dos grandes cuerpos magnéticos ubicados en las regiones mineras de Zimapán, La Encarnación y Cardonal, en el estado de Hidalgo. Estos cuerpos magnéticos se extienden a profundidad y parecen estar relacionados con mineralización polimetálica.

Los lineamientos magnéticos NE-SW localizados en las porciones centro y oriente de la carta, se detectan en longitudes que varían entre 30 y 40 Km. Se interpreta que desplazan a los lineamientos con rumbo NW-SE y delimitan zonas de volcanismo más reciente.

Los lineamientos magnéticos con rumbo E-W, se detectan en la continuación de campo, en longitudes que varían entre 50 y 120 Km. Se interpretan como fallamientos de origen profundo relacionados a la faja volcánica transmexicana, reflejando en la porción occidental de la carta la respuesta magnética del potente paquete de rocas volcánicas de la Caldera de Huichapán, así como de los aparatos volcánicos de Nopala, La Joya y Ñado.

Las principales zonas prospectivas por mineralización polimetálica definidas a partir de la presente interpretación regional, se asocian con las unidades magnéticas A_1 y A_2 ubicadas en la porción norte - central de la carta. Los cuerpos intrusivos magnéticos sepultados definidos a partir de la interpretación, permiten definir nuevas zonas prospectivas en las regiones mineras de Zimapán, La Negra, San Joaquín, La Encarnación, Nicolás Flores, Cardonal y Cerro del Aguila (aún inexplotado), en el estado de Hidalgo.

En la región minera de Pachuca, Real del Monte y El Chico, Hgo. se intersectan los lineameintos magnéticos con rumbos E-W, NW-SE y NE-SW existiendo zonas prospectivas en las intersecciones de estos lineamientos.

Los distritos mineros de Maconi, Qro. y Zimapán, Hgo., se ubican a ambos flancos de un intrusivo interpretado en el subsuelo, el cual se extiende casi 20 Km hacia el suroriente. Toda la zona de influencia del intrusivo oculto es prospectable para encontrar yacimientos similares a los antes mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, T.H. and Schmidt, V.A., 1983. The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time. Geological Society of America Bulletin V. 94 p. 941-966.

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

Buchanan, L.J., Durning, W.P., 1990. Exploration Potential in the Greater Pachuca-Real del Monte District, Hidalgo, Mexico. Rep. interno Cía. Minera Real del Monte y Pachuca,S.A. Inédito.

Campa, M.F. y Coney, P.J., 1983. Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico. Canadian Journal of Earth Sciences, V. 20 p. 1040-1051.

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

Cantú, Ch.A., 1971. La Serie Huasteca (Juráico Medio-Superior) del Centro-Este de México. Inst. Mex. del Petroleo. Rev. V. 3 p. 17-40.

Carranza, C.O., 1991. La Fauna de Ventoquipa del Pleistoceno Tardío del Estado de Hidalgo. Conv. sobre evol. geol. de México. Memoría 1er. Cong. de Mineralogía. p. 22.

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

Carrillo-Bravo, J., 1971. La Plataforma de Valles-San Luis Potosí. Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros V. 23 p. 1-102.

Carrillo-Bravo, J. 1965. Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla. Bol. Asoc. mex. Geólogos Petrolera. V. 17. p. 73-96.

Carrillo, M.M., 1981. Contribución al estudio geológico del macizo calcáreo El Doctor, Querétaro. UNAM. Inst. de Geología. Rev. V. 5. Núm. 1. p.25-29.

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 areas circundantes. Libro Guía. p. 1-20.

Carrillo, M.M., Monroy, H.E., 1988. Resúmen de la geología del area de San Antonio Bernal, estado de Querétaro. UNAM. Inst. de Geología. Rev. V. 7. Núm. 1. p.119-122.

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.

Centeno, G.E., Ruíz, J., Coney, P., Patchett, P.J., Ortega, F., 1993. Guerrero Terrane of Mexico: its role in the southern Cordillera from new geochemical data. Geology. V. 21. p. 419-422.

Cía. Fresnillo, S.A. de C.V. 1991, Unidad Zimapán.Folleto

Clark, F.K., Foster, C.T., and Damon, P.E., 1982. Cenozoic mineral deposits and subduction-related magmatic arcs Mexico. Geol. Soc. of America. Bull. V. 93. p. 533-544.

Coney, P.J., 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con America del Norte, America del Sur y el Caribe. Rev. del Inst. Mex. del Petroleo. V.15 p. 6-15.

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

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

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

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

Demant, A., 1978. Caracteristicas del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. UNAM. Inst. de Geología. Rev. V. 2. p. 172-187.

Ferriz, H. y Mahood, A.G., 1986. Volcanismo riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano. Geofis. Intenal. V. 25-1. p. 117-156.

Fries, Carl, Jr., Rincón O.C., 1965. Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de geocronometría. UNAM. Inst. de Geología. Bol. 73. tomo. 2. p. 57-133.

González, A.C., Carrillo, M.M., 1986. Amonitas del Jurásico Superior (Titoniano Superior) y del Cretácico Inferior (Huateriviano-Barremiano) del área de San Joaquín-Vizarrón, estado de Querétaro. UNAM. Inst. de Geología. Rev. V. 6 Núm. 2. p. 171-177.

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

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

Instituto Nacional de Estadistica, Geografía e Informática (INEGI). Carta Topográfica Pachuca (F14-11) esc. 1:250 000. 1a. Impresión.

Instituto Nacional de Estadísitica, Geografía e Informática (INEGI). Carta Geológica Pachuca (F14-11) esc. 1.250 000 1a. Impresión.

Jacobo, A.J., 1986. El basamento del Distrito de Poza Rica y su implicación en la generación de Hidrocarburos. Rev. Inst. Mex. del Petroleo. Vol. XVIII. Núm. 1.

Kiyokahua, M. et al., 1981. Geological Survey of the Pachuca-Zimapán area, central Mexico. Metal Mining Agency of Japan and Consejo de Recursos Minerales, Mexico. 194. p. (Unpub).

López, R.E., 1972. Estudio del basamento ígneo y metamórfico de las zonas Norte y Poza Rica. Asoc. Mex. de Geol. Petroleros. Bol. V. 24. p.266-323.

Morán, Z.D.J., 1986. Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. Geof. Int. Vol. 25-1 p. 938.

Morín, M.J., Padilla, A.S., Hernández, M.T., 1986. Zimapán. Ed. J. Ordoñez C. Minas Mexicanas. Tomo 2. AIME.

Mullan, H.J., 1978. Evolution of part of the Nevadan orogen in northwestern Mexico. Geol. Soc. of America. Bull. V. 89. p. 1175-1188.

Ortega, G.F., 1981. Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance. Geofísica Internacional V. 20 p. 177-202.

Ortega, G.F., Mitre, S.L.M., Roldán, Q.J., Aranda, G.J.J., Morán, Z.D., Alaniz, 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. de Geología. Consejo de Recursos Minerales.

Okita, P.M., Shanks, W.C., 1987. Stable isotope study of the Molango manganese deposits, Hidalgo States Mexico. Abstr. Progr. Geol. Soc. Am. Ann. Meet. 19 (7) p. 793 (Resúmen).

Pérez, R.O., 1978. Estudio bioestratigráfico del Paleozoico Superior del Anticlinorio de Huayacocotla en la Sierra Madre Oriental. IV Conv. Geol. Nal. Bol. Soc. Geol. Mex. 39 (1) p.29.

Robin, C., Bobier, C., 1975. Las fases del vulcanismo en la región de Tlanchinol; (Hidalgo, México) según datos paleomagnéticos y geoquímicos. UNAM. Inst. de Geol. Bol. 95. p. 54-85.

Robin, C., 1976. Las series volcánicas de la Sierra Madre Oriental (basaltos e ignimbritas). Descripción y caracteres químicos. UNAM. Inst. de Geol. Rev. V. 2. p. 13-42.

Ruíz, J., Patchett, P.J. and Ortega, G.F., 1988. Proterozoic and Phanerozoic basament terranes of Mexico from Nd isotopic studies. Geological Society of America, V. 100 p. 274-281.

Santiago, A.J., Carrillo, B.J. y Martell, A.B., 1984. Geología Petrolera de México, in Marmisolle, D.D. et al., eds., Evaluación de Formaciones en 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 Mexico. In Pilger R.H. Jr., ed., The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic Ocean. Baton Rouge, Lousiana. State Univ., p. 79-86.

Segerstrom,K., 1962. Geology of south-central Hidalgo and northeastern Mexico. U.S. 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 10. 12p.

Silva, P.A., 1981. Asterotheca y plantas asociadas de la formación Huizachal (Triásico Superior) del estado de Hidalgo. UNAM. Inst. de Geología Rev. V. 5. Núm. 1. p. 47-54.

Silva, M.L., 1991. Caldera de Huichapan o del Astillero. Excursión Geológica. UNAM. Inst. de Geol. UAH., Soc. Mex. Min. A.C. S.E.S.I.C. SEP.

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 Potosi 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. Mexico. Geol. Soc. America Bull. V. 95. p. 1387-1397.

Suter, M., 1987. Structural traverse across the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico. Geol. Soc. of America Bull. V. 98. p. 249-264.

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

Suter, M., Carrillo, M.M., López, M.M., Farrar, E., 1995. The Aljibes half-graben Active extension at the boundary between the trans-Mexican volcanic belt and the Basin and Range Province, Mexico. Geol. Soc. of America Bull. V. 107. Núm. 6. p. 627-641.

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

Wilson, B.W., Hernández, J.P. y Meave, E., 1955. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del estado de Querétaro. Soc. Geologica Mexicana Boletin. V. 18. p. 1-10.