CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA | SE

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA
CARTA MAGNÉTICA
CIUDAD CAMARGO G13-2
ESCALA 1:250 000

POR: **Ings. Ramón Mérida Montiel**
Amancio Reyes Salazar
Israel Hernández Pérez

MÉXICO, 1998

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1998. © DerechosReservados.

CONTENIDO

RESUMEN

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

I.1.- INTRODUCCIÓN

I.2.- FUENTES DE INFORMACIÓN

I.3.- PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN LOS LEVANTAMIENTOS

I.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

I.5.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

CAPÍTULO II.- CONTEXTO GEOLÓGICO

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

ÍNDICE DE FIGURAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN

El Consejo de Recursos Minerales, realiza el Programa de Infraestructura Geológico-Minera, en el cual se lleva a cabo el cubrimiento aeromagnético sistemático de las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional con el propósito de investigar sus condiciones geológicas y estructurales del subsuelo que nos permitan descubrir nuevos yacimientos minerales.

Dentro de este programa se llevó a cabo el levantamiento aeromagnético de la hoja Ciudad Camargo G13-2 a escala 1:250,000 con formato cartográfico INEGI, la cual se localiza en el extremo suroriente del estado de Chihuahua y comprende una superficie de 21,882 Km^2.

El levantamiento magnético se realizó con avión en dos etapas diferentes cuyos datos fueron procesados y ajustados para presentar un mapa aeromagnético a 300 m de altura con curvas de contorno del campo magnético total indicando su intensidad con contrastes de color. En el mapa se indica la interpretación litológica, estructural y los resultados se explican en el presente texto guía.

La región está constituida por un basamento de rocas precámbricas y paleozoicas cubiertas por una gruesa cubierta de rocas mesozoicas cuya sedimentación y deformación, durante la orogenia Laramide, fue controlada por la interacción de elementos paleogeográficos positivos y negativos. En el Terciario Medio una intensa actividad magmática dio origen a intrusiones graníticas y un extenso vulcanismo félsico a los cuales están genéticamente asociados los principales yacimientos de la región (Naica) y numerosas manifestaciones de vetas hidrotermales en varias localidades.

Los sistemas de fallas y fracturas más importantes son los N30-60º W y NE-SE, que han estado activos en diferentes épocas durante el Cenozoico y controlaron el emplazamiento de los troncos intrusivos y la emisión de rocas volcánicas terciarias.

La interpretación cualitativa de carácter regional de la hoja Ciudad Camargo, permitió definir la presencia de cinco unidades litomagnéticas que indican la distribución de las principales unidades geológicas, así como varios lineamientos magnéticos que definen la compleja configuración estructural de la carta.

Esta interpretación, junto con el marco geológico-estructural y los modelos de mineralización regional permitieron seleccionar zonas con características geológico-geofísicas y mineras favorables para su prospección por yacimientos polimetálicos asociados a los dominios magnéticos A_1 y A_2, que, en la mayoría de los casos, están relacionados a evidencias superficiales con mineralización de Au, Ag, Pb, Zn y Cu.

La zona prospectiva más importante está definida por el dominio magnético A_2 de Naica que refleja la presencia de un cuerpo ígneo profundo extendiéndose hacia el suroeste, íntimamente ligado a la mineralización polimetálica del distrito.

Otra zona prospectiva la constituye el dominio A_2 al suroriente de Ciudad Jiménez, correlacionado con un intrusivo granítico asociado a mineralización.

En la parte central de la carta, varios lineamientos magnéticos paralelos con dirección NW-SE definen una zona de intenso fracturamiento favorable para el emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos y mineralización hidrotermal asociada.

En el sector oriental, un lineamiento de dominios magnéticos A_2, con dirección E-W, define un componente ígneo formando parte del basamento de la Isla de Coahuila y posiblemente represente su límite septentrional con el paleogolfo de Sabinas.

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

1.1.- INTRODUCCIÓN

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

El Consejo de Recursos Minerales tiene la misión de elaborar cartas geofísicas aeromagnéticas en las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética Ciudad Camargo G13-2, escala 1:250,000, forma parte de una serie de publicaciones dentro de este programa, las cuales aportan información básica que permite fundamentar futuras exploraciones.

La carta magnética Ciudad Camargo contiene información en una superficie de 21,882 Km^2 y corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por IGRF, obtenido a partir de los vuelos aerogeofísicos realizados durante los años de 1980 por Pemex y en 1997 por el Consejo de Recursos Minerales.

En la interpretación cualitativa de la presente carta se pudieron definir a nivel regional, las expresiones magnéticas más obvias como son: la distribución y configuración de las rocas ígneas y sedimentarias, contactos litológicos ocultos y zonas de fallas profundas.

1.2.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por Petróleos Mexicanos (Pemex) en el año de 1980 y por el Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.) en el año de 1997. Los datos del vuelo de Pemex del área denominada El Presón fueron entregados al Consejo de Recursos Minerales como información digital grabada en cintas, con lo cual éste último organismo contó con el cubrimiento aeromagnético total de la hoja Ciudad Camargo.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de distintas cartas temáticas de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1980).

1.3.- PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN LOS LEVANTAMIENTOS

El levantamiento realizado por Pemex en el año de 1980 en el área El Presón dentro de la hoja Ciudad Camargo, consistió en vuelos aeromagnéticos a 120 m de altura promedio sobre el terreno, en líneas con rumbo N-S y separación de 800 m. La identificación de las trayectorias de vuelo, se llevó a cabo mediante el sistema de navegación Doppler Bendix DRA-12. En esta etapa se empleó un avión Douglas DC-3-C, utilizando un magnetómetro Flux Gate de campo total, Gulf MK-III con sensibilidad de 0.5 nT (nanoteslas).

En el año de 1997, el levantamiento efectuado por el Consejo de Recursos Minerales, consistió en vuelos a 300 m de altura con líneas de rumbo N-S y separación de 1000 m. El posicionamiento de trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel.

Este levantamiento se realizó empleando un avión Islander bimotor, y un sensor magnético fijo de vapor de Cesio marca Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT.

1.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la integración de datos y la generación de los mapas, se realizaron las siguientes etapas:

a).- Adquisición de datos aerogeofísicos

Para los vuelos realizados en esta carta, la información se tomó en forma digital con el equipo y características antes mencionadas y se exportó a la estación de trabajo Sun Sparc 10 para su procesamiento e integración mediante el software Terratools; generándose archivos X, Y y Z por línea de vuelo y rejilla. Para los datos magnéticos obtenidos por PEMEX, se revisó la información línea por línea, así como el registro de la estación monitora.

b).- Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético

Según los datos del observatorio de Teoloyucan. Méx., obtenidos para el período de 1923 a 1987, el campo geomagnético en la República Mexicana ha decrecido en este lapso 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 altura de vuelo.

Esta corrección se realizó utilizando el valor de IGRF95 (International Geomagnetic Reference Field) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8,1992).

En esta etapa mediante desplegados gráficos del mapa se revisó que el procesamiento de los datos fuera el correcto.

c).- Ajuste de los datos aeromagnéticos a una altura de vuelo de 300 m sobre el nivel del terreno.

Para llevar los datos de los dos levantamientos a una misma altura de vuelo, a los datos de Pemex del vuelo a 120 m de altura, se les aplicó un proceso analítico conocido como continuación de campo hacia arriba, de lo que resultó un mapa aeromagnético a 300 m de altura, del cual se recortó y empalmó la zona que complementó el vuelo del CRM para integrar el plano de intensidad magnética total a 300 m de altura de la carta Ciudad Camargo.

d).- Generación del mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250,000, los datos de la carta magnética Ciudad Camargo, se integraron en un archivo de coordenadas X,Y,Z, y se utilizó el algoritmo de interpolación por mínima curvatura (Briggs, 1974) para la generación de curvas de contorno cada 10 nT.

e).- Graficación

El desplegado gráfico se realizó en un graficador de inyección de tinta Hewlett Packard 755 CM. El mapa preliminar se utilizó para la interpretación y revisión de los valores magnetométricos previos a la edición e impresión final.

1.5.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

La información magnética contenida en la carta Ciudad Camargo G13-2 escala 1:250,000 con formato cartográfico INEGI, comprende una superficie de 21,882 km^2 y abarca la porción suroriente del estado de Chihuahua (Figura 1).

La edición cartográfica se efectuó con el paquete ARC-INFO. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 10 nT indicando los bajos magnéticos en tonos de azul y verde y los altos magnéticos en tonos rojos como se indica en el espectro de valores de la carta; esto es con la finalidad de visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos.

En la interpretación cualitativa de carácter regional, se indican con línea punteada los límites de los dominios litomagnéticos y con línea interrumpida los lineamientos magnéticos asociados a fallas.

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

CAPÍTULO II.- CONTEXTO GEOLÓGICO

La carta Ciudad Camargo G13-2 se ubica en la parte suroriente del estado de Chihuahua (Figura 1).

Fisiográficamente, la mayor parte de la región pertenece a la provincia de Cuencas y Sierras, la cual se caracteriza por sierras alargadas de origen sedimentario y volcánico, así como fosas tectónicas con dirección NW-SE en la parte poniente de la carta, que sufren una inflexión con dirección N-S en la parte oriental. El sector surponiente de la carta forma parte de la subprovincia de las Altas Llanuras de la provincia de la Sierra Madre Occidental (C.R.M., 1994).

La edad de las rocas que afloran dentro de la superficie de la carta varía del Cretácico Inferior hasta el Holoceno, predominando las rocas volcánicas y sedimentos clásticos continentales del Terciario y Cuaternario (INEGI, 1991).

ESTRATIGRAFÍA

Aunque no se han identificado afloramientos de rocas precretácicas dentro de la carta, existen datos del subsuelo que indican la presencia de sedimentos triásicos y del Jurásico Superior que cubren discordantemente un basamento predominante de rocas paleozoicas (Tovar, 1981) y rocas precámbricas, como lo sugieren estudios isotópicos (Nimz, et al., 1986; Rudnick y Cameron, 1991; Cameron, et al., 1992).

Este basamento paleozoico estaba configurado por una serie de bloques levantados y hundidos que constituyeron elementos paleogeográficos muy importantes (cuencas, penínsulas e islas) cuya interacción controló la erosión y sedimentación mesozoica e influyeron en la intensidad y estilo de deformación de las rocas mesozoicas durante la orogenia Laramide.

ERA PALEOZOICA

No se conocen afloramientos de rocas paleozoicas dentro de la carta y los más cercanos ocurren en la Sierra del Cuervo y Las Delicias al norte y sureste respectivamente. Datos del subsuelo indican su presencia bajo la cubierta cretácica de las sierras de San Francisco y El Diablo, en el sector sureste de la carta constituyendo la llamada Isla de Coahuila. Estas rocas están plegadas, falladas y afectadas por intrusiones graníticas permo-triásicas (Tovar, 1981; Torres, et al. , 1993).

ERA MESOZOICA

Las rocas cretácicas son las únicas del Mesozoico que afloran en diferentes localidades de la carta. Están constituidas por sedimentos marinos mixtos y continentales que se depositaron en la porción sur de la Cuenca de Chihuahua, parte occidental del Golfo de Sabinas y extremo nororiente del Mar Mexicano. Estas cuencas mesozoicas estuvieron divididas por la Península de Aldama y la Isla de Coahuila, con una conexión marina entre ellas a través del Canal de Camargo (Tovar, 1981; Araujo y Arenas, 1986).

Los sedimentos cretácicos están agrupados en varias formaciones, las cuales presentan varios cambios de facies tanto laterales como verticales dependiendo del ambiente tectónico de depósito.

Debido al carácter regional de la interpretación magnética, el uso y descripción de nombres formacionales se restringe al mínimo, agrupándose en sistemas, usando los nombres de formaciones en localidades bien conocidas.

Sistema Triásico-Jurásico

Aunque no existen afloramientos de rocas de esta edad dentro de la carta, constituyen la base de la secuencia mesozoica en las diferentes cuencas de la región como lo demuestran afloramientos aislados de estas rocas en diferentes localidades, fuera de la carta (Tovar, 1981; Araujo y Arenas, 1986).

Estas rocas están representadas por lechos rojos depositados en fosas tectónicas y sedimentos marinos terrígenos del Jurásico Superior, comprenden a las formaciones La Gloria y La Casita que se depositan en los bordes de las tierras emergidas dentro de las cuencas del Golfo de Sabinas y Mar Mexicano respectivamente (Tovar, 1981; Padilla y Sánchez, 1986).

Sistema Cretácico Inferior

Las rocas sedimentarias de este sistema son las de mayor distribución superficial en la carta y están representadas por las siguientes formaciones:

Formación Mezcalera.- Es la unidad cretácica más antigua que aflora en la región y consiste de una secuencia de varias unidades litológicas constituidas por una alternancia de calizas, calizas arcillosas, margas, areniscas, lutitas y limolitas, de estratificación delgada en facies de cuenca que afloran en la localidad tipo del Arroyo La Mezcalera, al oriente de Valle de Zaragoza, donde alcanzan un espesor de 1,370 m y cabalgan, con vergencia al NE, a rocas de plataforma de la Formación Aurora (Araujo y Arenas, 1986).

Los afloramientos de esta unidad abarcan la mayor parte del sector surponiente de la carta, que comprende las sierras La Mezcalera, Caballo Grande, Cordones El Marchante y El Orégano.

Los sedimentos se depositaron en la porción oriental del Mar Mexicano, derivados de una tierra emergida al poniente, el Arco Tarahumara (Araujo y Arenas, op. cit.), y se interdigitan hacia el oriente y norte con sedimentos más calcáreos de la Isla de Coahuila y Península de Aldama respectivamente, que limitan la cuenca del Mar Mexicano; estas facies son transgresivas en tiempo hacia el oriente.

Esta unidad comprende un intervalo desde el Neocomiano hasta el Turoniano dado por fósiles de foraminíferos y radiolarios. Es equivalente con las formaciones Navarrete, Las Vigas y Grupo Cuchillo de la Cuenca de Chihuahua (Cantú, et al. , 1985) y Menchaca, Barril Viejo, San Marcos, La Mula, Cupido, La Peña, Las Uvas y La Paila en el Golfo de Sabinas y la Isla de Coahuila; en el Mar Mexicano es equivalente con las Formaciones Carbonera en condiciones litorales y hacia mar abierto con la Taraises y Tamaulipas Inferior (Araujo y Arenas, 1986).

Formación Aurora.- Constituida por una gruesa secuencia de calizas arrecifales en capas gruesas con intercalaciones de calizas delgadas, calizas arcillosas, margas y lutitas hacia la cima con bandas y nódulos de pedernal, que se depositó sobre la Península de Aldama, al norponiente de la carta, e Isla de Coahuila en el sector suroriente, en un ambiente de plataforma nerítica en un mar epicontinental (Franco, 1978), predominando la facies arrecifal.

Esta unidad forma sierras altas con escarpes abruptos y sus principales afloramientos se presentan en las sierras de Naica, donde alcanza más de 1,000 m de espesor y su parte inferior ha sido completamente recristalizada y mineralizada (Querol y Vallejo, 1990), El Monarca, Savonarola, Almoloya, Barraza, El Mimbre, Las Pampas y De Enmedio. En la Sierra Mezcalera cabalga tectónicamente, hacia el NE, a rocas del Cretácico Superior (Araujo y Arenas, 1986).

Estas rocas predominan sobre la Isla de Coahuila, sector sureste de la carta constituyendo las sierras de San Francisco, Almagre y El Diablo que alcanzan más de 1,000 m de espesor (Tovar, 1981).

La Formación Aurora comprende un intervalo de tiempo del Albiano Inferior hasta el Cenomaniano Inferior. Hacia la Cuenca de Chihuahua agrupa a varias formaciones (Benigno, Lagrima, Finlay, Benevides, Loma de Plata, Del Río y Buda); en el Golfo de Sabinas y partes de la Isla de Coahuila, sus equivalentes son las formaciones Paila, Acatita, Treviño y Viesca (Tovar, op. cit.).

Sistema Cretácico Superior

Está representado por sedimentos clásticos-calcáreos de marcada tendencia regresiva de las Formaciones Indidura-Ojinaga y San Carlos.

Formación Indidura-Ojinaga.- Esta constituida fundamentalmente por calizas arcillosas y lutitas, concreciones y nódulos de arenisca y fragmentos de

madera fósil; sobreyace a la Formación Aurora en las sierras El Pajarito, La Venada, Savonarola, Las Borregas y en los alrededores de la Presa La Boquilla, en el sector norponiente de la carta.

En las sierras de La Mezcalera y Camargo la formación mencionada está cubierta tectónicamente por la Formación Aurora (Araujo y Arenas, 1986; INEGI, 1991). Su edad es del Turoniano y contiene abundantes fósiles de amonitas.

Formación San Carlos.- Consiste de una secuencia rítmica de lutitas y areniscas con ocasionales estratos conglomeráticos, lentes de óxidos de Fe sedimentario y fragmentos de madera fósil, depositados en un ambiente marino a continental. Aflora únicamente en el extremo suroriente de la Sierra de Camargo (INEGI, 1991); su edad es del Coniaciano.

Las rocas de este sistema alcanzaron sus mayores espesores en la Cuenca de Ojinaga, con espesores mínimos dentro de la carta solo en el sector norponiente, ya que representan una regresión progradante de poniente a oriente (Araujo y Arenas, 1986). En el sector oriental han sido intensamente erosionadas quedando solo pequeños remanentes en la Sierra de Enmedio.

En términos generales las rocas sedimentarias cretácicas producen valores magnéticos de baja intensidad representados por el dominio C.

ERA CENOZOICA

Sistema Terciario

Está representado por rocas volcánicas félsicas, intermedias y máficas, troncos plutónicos graníticos y sedimentos clásticos continentales que alcanzan gran distribución superficial dentro de la carta.

Existe poca información sobre las rocas volcánicas, sin embargo, las más antiguas parecen ser una secuencia de andesitas posiblemente eocénicas ya que subyacen a las rocas félsicas oligocénicas que afloran al norponiente de la Presa La Boquilla en afloramientos aislados y en el sector surponiente alrededor de los poblados de la Yerbabuena y San Francisco (INEGI, 1991).

Al oriente de la Sierra Las Pampas (Rancho Santo Tomás), aflora una secuencia volcanosedimentaria que infrayace a las volcánicas félsicas oligocénicas (INEGI, op. cit.)

Una gruesa secuencia de rocas volcánicas constituida por derrames andesíticos, riolíticos y en mayor volumen, tobas riolíticas, cubiertas hacia la cima por andesitas basálticas, aflora en varias localidades de la carta, principalmente en el extremo surponiente, donde alcanzan un espesor de 900 m y contienen la mineralización epitermal del extremo norte del distrito minero de Parral (C.R.M., 1994).

Estas rocas comprenden un intervalo de 34 a 27 Ma (Oligoceno) y se correlacionan con el Supergrupo Volcánico Superior (McDowell Y Keizer, 1997), son de afinidad calcoalcalina de alto K y se consideran transicionales entre la provincia de la Sierra Madre Occidental y la Trans-Pecos en Texas (Gunderson, et al., 1986). Otros afloramientos importantes de estas rocas se ubican en los sectores norponiente y nororiente: en las sierras El Ojito, Los Platos, Agua Chile, Agua de Mayo, Guadalupe y Honorato. En el sector suroriente afloran entre las sierras de Las Pampas y San Francisco (INEGI, op. cit).

Las andesitas basálticas que cubren y están cubiertas por las tobas riolíticas pertenecen a la serie de Andesitas Basálticas de la Cordillera Sur (SCORBA por sus siglas en inglés), fueron fechadas en 24.3 Ma en las cercanías del Rancho Santa Gertrudis, sector norponiente de la carta, y en 26.3 Ma en la Sierra Los Cajones, en el límite centro-norte (Cameron, et al., 1989).

Otros afloramientos de estas rocas máficas oligocénicas se ubican al norte y nororiente de Camargo en la Sierra Los Platos, Los Pozos y Cerro La Tinaja (INEGI, op. cit).

El Terciario Superior está representado por un conglomerado polimíctico depositado en ambiente continental en fosas tectónicas y está constituido por fragmentos de rocas ígneas y calcáreas en una matriz arcillosa con cementante calcáreo. Sobreyace discordantemente a las rocas oligocénicas y calizas cretácicas.

Tiene una amplia distribución dentro de la carta principalmente en la parte occidental, en el Valle de Zaragoza (INEGI, 1991).

Hacia la cima de los conglomerados existen facies de lutitas y areniscas con horizontes de calizas lacustres y yeso al poniente de la Presa La Boquilla.

Sistema Cuaternario

Este sistema está representado por una serie de derrames basálticos alcalinos (basanitas) emitidos a través de fisuras de rumbo NW-SE y por numerosos conos cineríticos que forman extensos campos volcánicos en la porción nororiente de la carta (Campo Volcánico Camargo), porción central (Cerro Rosario) y otro campo más al poniente; estos tres campos están alineados regionalmente al NE-SW.

En el cono cinerítico La Olivina del campo volcánico Camargo, dentro de las basanitas, se encuentran xenolitos de la corteza inferior y del manto que han sido objeto de varios estudios isotópicos importantes para establecer la génesis de las rocas volcánicas del Terciario Medio y conocer la composición de la corteza inferior y el manto del subsuelo de la región (Nimz, et al., 1986; Cameron, et al., 1989; Rudnick y Cameron, 1991; Cameron, et al., 1992). Uno de estos derrames fue fechado en 1.8 Ma, Plioceno Tardío, y constituye el último evento volcánico de la región (Nimz, et al.,

1986). Las respuestas magnéticas de estos basaltos son de alta intensidad, similares a las de las andesitas basálticas oligocénicas (dominios B_2).

Un conglomerado cuaternario cubre a los basaltos pliocénicos, está constituido predominantemente por rocas volcánicas en matriz arcillosa con incipiente cementante calcáreo; aflora en valles y fosas tectónicas del sector nororiente de la carta.

El material más joven está representado por suelos eólicos, sedimentos lacustres depositados en áreas de drenaje interno; terrazas, depósitos fluviales y aluvión que rellenan valles y fosas tectónicas (Bolsón de Mapimí), constituidos por gravas, arenas, arcillas y limos. Todos estos depósitos alcanzan una gran distribución en toda la carta, principalmente en la parte centro-sur, entre Camargo y Jiménez (INEGI, 1991).

Rocas Ígneas Intrusivas

Existen escasos afloramientos de este tipo de rocas los cuales se presentan en forma de troncos cuya composición varía desde granito a gabro y afloran principalmente en el sector poniente de la carta afectando a las calizas cretácicas y rocas volcánicas oligocénicas a las que posiblemente estén relacionados algunos de ellos; varios de estos cuerpos también están asociados a mineralización polimetálica y la mayoría son de edad Terciaria.

De acuerdo con datos del subsuelo (Tovar, 1981), las rocas ígneas más antiguas se ubican bajo el subsuelo de la Sierra El Diablo, centro-oriente de la carta, formando un complejo de rocas ígneas de edad Triásico-Jurásico (Torres, et al., 1993) que intrusionan a las rocas sedimentarias y metamórficas paleozoicas que constituyen la Isla de Coahuila (Tovar, 1981; Padilla y Sánchez, 1986).

Este complejo ígneo está asociado a una respuesta magnética de alta intensidad de forma alargada en dirección oriente-poniente (dominio A_2) y aparentemente constituye el límite norte del paleoelemento positivo de la Isla de Coahuila con el Golfo de Sabinas.

El afloramiento de intrusivo Terciario más grande dentro de la carta es un tronco granodiorítico que aflora en Belduque, extremo centro-poniente de la carta, aparentemente afecta a la secuencia volcánica oligocénica y posiblemente sean comagmáticos.

En el extremo surponiente de la carta afloran varios troncos de composición tonalítica a monzonítica (INEGI, 1991), los cuales intrusionan a rocas de la Formación Mezcalera y posiblemente son equivalentes al intrusivo monzonítico de Parral, de edad oligocénica (C.R.M., 1994). Estos cuerpos dan respuesta magnética asociada a los dominios A_2 y A_1.

En el Cerro Los Reyes, al suroriente de Ciudad Jiménez, aflora un tronco granítico de forma alargada en dirección NW-SE que afecta a calizas cretácicas provocando un metasomatismo con mineralización de Au y Cu en vetas y mantos. La edad de este cuerpo parece ser oligocénica (INEGI, 1991) y se correlaciona espacialmente a una anomalía magnética de intensidad moderada (dominio A_2).

Al oriente de la Sierra de Almoloya afloran pequeños apófisis graníticos que intrusionan a calizas cretácicas y se relacionan superficialmente a un dominio A_2.

En el distrito minero de San Juan del Cordero, sector surponiente de la carta, aflora un tronco de pórfido riolítico de 800 m de diámetro que intrusiona a rocas de la Formación Mezcalera produciéndoles metasomatismo y mineralización en forma de vetas epitermales (C.R.M., 1994); espacialmente se correlacionan con un dominio A_2.

En la Sierra Tortuguillas, al oriente de Naica, aflora un pequeño cuerpo intrusivo de composición gabroica (INEGI, 1991), posiblemente relacionado a una zona de fuente de las andesitas basálticas oligocénicas.

En el extremo suroriente de la carta, afloran dos troncos dioríticos de edad desconocida ya que sus relaciones con las rocas volcánicas oligocénicas no están bien definidas, aparentemente intrusionan a las calizas cretácicas al nororiente del Rancho San Miguel (INEGI, 1991). Estos cuerpos se correlacionan a dos anomalías magnéticas de pequeñas dimensiones (dominios A_2).

En las labores mineras de Naica, varios diques y diquestratos felsíticos (alaskitas y albititas), con diferentes direcciones, cortan a las calizas cretácicas dando origen al desarrollo de horizontes de skarn. Estos cuerpos tienen una edad de 26 Ma y están genéticamente relacionados a la mineralización polimetálica (Querol y Vallejo, 1990); representan la parte superior de un cuerpo ígneo profundo, cuya presencia es confirmada por la respuesta magnética obtenida (dominio A_2).

Geología Estructural

El patrón estructural impreso en la carta es producto de los esfuerzos comprensivos de la orogenia Laramide que dieron origen a una tectónica transcurrente en la que los bloques del basamento paleozoico controlaron el estilo estructural de deformación de las rocas mesozoicas y finalmente un evento de fallamiento extensional, ambos eventos dieron como resultado la morfología actual de la región.

Las rocas mesozoicas de la parte poniente de la carta presentan un plegamiento asimétrico con dirección N 45-60º W y con vergencia hacia el NE, lo anterior se observa principalmente en los sedimentos de la facies

de cuenca de la Formación Mezcalera (Araujo y Arenas, 1986).

En la porción centro-sur de la carta, las sierras El Mimbre, De Enmedio y Las Pampas sufren una inflexión en su extremo sur con dirección N-S, debido a la presencia de un contrafuerte del basamento hacia el oriente representado por la Isla de Coahuila (Padilla y Sánchez, 1986).

Las calizas de plataforma de la Formación Aurora depositadas sobre la Isla de Coahuila, sector suroriente de la carta, presentan un plegamiento moderado y amplio con pliegues de rumbo N-S a N3O° W (INEGI, 1991).

En el sector nororiente, que corresponde al Golfo de Sabinas, el plegamiento es asimétrico con dirección N45° W y vergencia al NE (Sierra Almagre).

Otras estructuras importantes son las fallas inversas que se presentan en el flanco oriental de la Sierra La Mezcalera donde los sedimentos de la Formación Mezcalera cabalgan a calizas de la Formación Aurora y éstas a su vez a rocas del Cretácico Superior (Araujo y Arenas, 1986). La vergencia de estas cabalgaduras es hacia el NE y representan el cabalgamiento de los sedimentos del Mar Mexicano sobre las rocas de la plataforma de Aldama.

En la Sierra de Camargo también se presentan cabalgaduras similares de la Formación Aurora sobre sedimentos del Cretácico Superior.

Los rasgos estructurales lineales más notables dentro de la carta son un sistema de fallas con dirección N35-45° W en la porción occidental y N15-35° W en la parte oriental; la aparente intersección entre estos sistemas en la parte centro-sur de la carta se manifiesta por la presencia de un extenso valle por donde fluye el Río Florido, afluente del Río Conchos, el cual define la traza de la falla de Juárez con un componente de movimiento lateral siniestro (Eguiluz, 1984). Esta falla aparentemente limita hacia el poniente a la Isla de Coahuila y constituye el límite oriental de la Península de Aldama y el Mar Mexicano (Araujo y Arenas, 1986).

El sistema de fallas NW-SE corta a toda la columna, incluyendo a las rocas basálticas pliocuaternarias. Un segundo sistemas de fallas, conjugado al sistema anterior, al cual lo corta, tiene una dirección N 45°-75° E y se manifiesta en toda la carta. Fracturas de rumbo E-W ocurren incipientemente en la parte centro-oriente de la carta (INEGI, 1995).

Un tercer sistema que parece ser el más joven lo constituyen fallas de rumbo N-S a N20° E en el sector suroriente de la carta. Los sistemas de falla NW-SE y N-S limitan bloques levantados y fosas tectónicas con longitudes a rumbo de varios kilómetros y desplazamientos verticales de hasta 400 m en la región de Parral (C.R.M., 1994) y 200 m en Naica (Querol y Vallejo, 1990).

Las fosas tectónicas más notables son la de Valle de Zaragoza extremo poniente de la carta, la que está definida por los valles de Jiménez y Camargo en la parte central y el Bolsón de Mapimí al oriente.

La traza de varias fallas está oculta por material aluvial que rellena los valles y bolsones, sin embargo, son evidentes en los lineamientos magnéticos interpretados como en la parte central de la carta, donde se manifiesta la continuación de las fallas NW-SE y N-S (Figura 2).

Yacimientos Minerales

El principal tipo de yacimiento que se presenta dentro de la carta es el metasomático, tipo skarn, en forma de mantos, chimeneas, cuerpos irregulares de reemplazamiento y relleno de cavidades, emplazados en rocas carbonatadas; en menor medida existen yacimientos hidrotermales epitermales, ambos tipos con mineralización polimetálica de Au, Ag, Pb, Zn, Cu, así como minerales no metálicos de fluorita, barita y celestita.

En la mayoría de los casos la mineralización está asociada espacialmente a intrusiones plutónicas y cuerpos hipabisales graníticos asociados al vulcanismo silícico oligocénico (James y Henry, 1993).

El único distrito minero de la carta, el más importante y activo actualmente es el de Naica que se localiza en el sector norponiente, en el borde suroriental de la Plataforma de Aldama. Este distrito se ubica en el flanco oriental de la Sierra de Naica y está constituido por una serie de mantos, chimeneas y vetas con mineralización de Au, Ag, Pb, Zn, Cu, con cantidades menores de W y Cd.

Estos cuerpos están emplazados en las facies arrecifales de la Formación Aurora del Cretácico Inferior, las cuales están afectadas por diques y diquestratos felsíticos de 26 Ma, genéticamente relacionados con la mineralización (Palacios, et al., 1986).

Se considera que este distrito ha producido más de 21 millones de ton de mineral (óxidos y sulfuros) con leyes promedio de 0.34 g/ton de Au, 177 g/ton de Ag, 5.5 % de Pb, 4.3% de Zn y 0.34% de Cu.

Estudios de isótopos de S e inclusiones fluidas sugieren una fuente ígnea profunda para los fluidos implicados en la génesis mineral (James y Henry, 1993), lo cual es confirmado por la magnetometría con la presencia de una anomalía magnética (dominio A_2).

Otra zona mineralizada de importancia por el volumen de su producción, es la de San Juan Cordero, ubicada en el sector surponiente de la carta, donde un pórfido riolítico de 800 m de diámetro intrusiona a rocas de la Formación Mezcalera produciendo skarn de granate y una intensa silicificación, siguiendo con el emplazamiento de vetas con rumbo N60°E, longitudes de 300 a 600 m, profundidad de 120 m y espesor

máximo de 5 m con mineralización de Au, Ag, Pb y Zn. La producción global de esta zona se estima en 250,000 ton (CRM, 1994) con un potencial a profundidad ya que la magnetometría indica que el pórfido riolítico se extiende a profundidad (dominio A_2).

En la Sierra de Almoloya, existen varias manifestaciones de mineralización de Ag, Pb, Zn, en forma de mantos, chimeneas y vetas en calizas de la Formación Aurora, que forman una estructura anticlinal con dirección N50°E. También ocurren manifestaciones de barita en vetas en el Cerro San Juan (CRM, 1994). La mineralización posiblemente está relacionada a un cuerpo granítico del cual afloran pequeños apófisis hacia el oriente, asociados espacialmente a un dominio A_2, por lo que se considera con un gran potencial a profundidad por su semejanza con el Distrito Minero de Naica.

En el extremo norponiente de la carta se ubica la zona mineralizada de Savonarola, en el flanco surponiente de la sierra del mismo nombre, donde se explotaron vetas y mantos mineralizados con valores de Ag, Zn y Mn, dentro de calizas del Cretácico Inferior y Superior. Estos cuerpos se consideran la manifestación superficial de cuerpos de reemplazamiento en calizas con mineralización de Ag, Pb, Zn, Cu, similares a los de Santa Eulalia (CRM, 1994).

La producción global de esta zona se estima en 15,000 ton de mineral, sin embargo, se considera que tiene un gran potencial a profundidad por la presencia de un gran cuerpo intrusivo a profundidad (fuera de la carta) el cual se manifiesta en un enjambre de diques con dirección NW-SE asociados a dos dominios A_1.

Al suroriente de Ciudad Jiménez, calizas de la Formación Aurora forman una estructura anticlinal con dirección NW-SE, volcada al NE, (Cerro de Reyes), esta estructura se encuentra intrusionada por un tronco granítico alterado con mineralización de metasomatismo de contacto (Cu) afectado por diques riolíticos que también cortan a las calizas con dirección NW-SE. También existen vetas de Ag, Pb, Zn y fluorita cuya génesis está relacionada al cuerpo granítico. La producción de esta zona ha sido escasa, solo 4,000 ton, con poco potencial ya que el intrusivo granítico no se amplia a profundidad, como lo indica la magnetometría (dominio A_2).

Existen otras evidencias de mineralización aisladas como en las sierra de Las Pampas, El Mimbre y De Enmedio, donde se localizan manifestaciones de tipo hidrotermal en forma de vetas de fluorita y barita así como mantos de Ag, Pb, Zn en calizas de la Formación Aurora. Al oriente y nororiente de Ciudad Camargo también existen manifestaciones de mineralización similares que al parecer siguen la traza de la Falla de Juárez (Eguiluz, 1984) sugiriendo un control estructural de esta estructura regional.

En el extremo surponiente de la carta existen vetas epitermales en rocas andesíticas oligocénicas con mineralización de Ag, Pb, Zn, éstas constituyen la prolongación norte de la Veta Colorada del distrito minero de Parral (fuera de la carta). Esta mineralización epitermal está asociada genéticamente a un tronco monzonítico que afecta a las rocas volcánicas oligocénicas (CRM, 1994). Hacia el norponiente de esta localidad existen evidencias de mineralización epitermal de baja temperatura (Sb) en sedimentos clástico-calcáreos de la Formación Mezcalera, afectados por troncos tonalíticos (INEGI, 1991), con posibilidades de otros tipos de mineralización a profundidad (mantos), en horizontes favorables. Estos troncos tonalíticos están asociados a anomalías magnéticas (dominios A_2 y A_1).

Al norte de Valle de Zaragoza, extremo centro-poniente de la carta existen evidencias de mineralización tipo skarn de Fe y Cu que se correlacionan con una anomalía magnética (dominio A_2), indicativa de un cuerpo intrusivo bajo el material de relleno.

Al surponiente de este mismo poblado, existen evidencias en forma de vetas hidrotermales con mineralización de Ag, Pb y Zn dentro de la secuencia clástico-calcárea de la Formación Mezcalera. La magnetometría detecta una anomalía de alta intensidad (dominio A_2) alargada en dirección NW-SE, que se interpreta como un cuerpo intrusivo, lo que da un alto potencial minero a profundidad a esta localidad.

La edad de la mineralización está restringida al intervalo de 32 a 26 Ma que es la edad de las andesitas mineralizadas del área de Parral (CRM, 1994) y la edad de los diques y diquestratos felsíticos de Naica (Palacios, et al., 1986), íntimamente asociada al vulcanismo félsico calcoalcalino de alto K de la región (Gunderson, et al., 1986) y sus intrusiones graníticas cogenéticas (James y Henry, 1993). Los estudios isotópicos de Pb, en yacimientos de reemplazamiento de la región, indican un origen combinado para este elemento a partir de rocas sedimentarias e ígneas circundantes, sin embargo, el Pb de las vetas epitermales emplazadas en las rocas ígneas parece ser derivado de las mismas rocas ígneas (James y Henry, 1983).

Evolución Tectónica

La superficie de la carta comprende una zona estructuralmente compleja de terrenos tectonoestratigráficos acrecionados cuyos límites aún son motivo de discusión (Campa y Coney, 1983; Handschy, et al., 1987; Sedlock, et al., 1993; Moreno, et al., 1993).

La porción occidental de la carta forma parte del margen suroriente del cratón de Norteamérica cuyo límite hacia el suroriente está definido por una zona de transición de pliegues y cabalgaduras que constituye el Cinturón Orogénico Ouachita, el cual marca la colisión y cabalgamiento hacia el norponiente de Suramérica sobre el borde del cratón de Norteamérica (Ross, 1979; Handschy, et al., 1987; Stewart, 1988). Esta

zona de transición comprende el subsuelo de la parte oriental de la carta.

El cratón de Norteamérica y el bloque acrecionado constituyen los terrenos tectonoestratigráficos Chihuahua y Coahuila respectivamente (Campa y Coney, 1983), para otros autores (Sedlock, et al., 1993), el cratón constituye el terreno Norteamérica, la zona de acreción el Tarahumara o Mapimí (Moreno, et al; 1993) y el bloque acrecionado es el terreno Coahuiltecano.

La evolución de la región se inicia prácticamente a fines del Paleozoico con la orogenia Ouachita que marca la colisión y cabalgamiento de Suramérica sobre el cratón de Norteamérica. Los límites del sistema orogénico Ouachita, ocultos por rocas más jóvenes, han sido inferidos en base a datos gravimétricos y magnéticos (Handschy et al., 1987) y con isótopos de Pb de las rocas volcánicas terciarias (James y Henry, 1993). En base a estos estudios se ha propuesto que el sistema Ouachita se prolonga, desde el suroeste de Texas, hacia el noreste de Chihuahua, con una dirección aproximada N30° E que abarca la porción oriental de la carta, continuando hasta la traza de la megacizalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979). La falta de datos del subsuelo ha impedido definir su posición exacta, que aún es motivo de discusión.

A fines del Pérmico se inicia en la región un magmatismo relacionado a subducción (Torres et al., 1993) que continua durante el Triásico hasta el Jurásico Medio y está representado por el complejo ígneo intrusivo bajo la Sierra El Diablo (Tovar, 1981) y un tronco Jurásico en la región de Parral (C.R.M., 1994).

A fines del Triásico, el inicio del rompimiento continental de la Pangea (Stewart, 1988) da origen a un fallamiento normal que forma fosas tectónicas donde se depositan lechos rojos.

En el Jurásico Medio el hundimiento progresivo a lo largo de fallas transpresivas con dirección NW-SE, relacionadas a la apertura del Golfo de México, da origen a las cuencas de Chihuahua, Golfo de Sabinas y Mar Mexicano que estuvieron conectadas entre sí por el Canal de Camargo (Araujo y Arenas, 1986) y limitadas por bloques positivos. Al mismo tiempo, más hacia el surponiente, se desarrolla el sistema de fallas transcurrentes siniestrales Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979; Stevens et al., 1992) constituyendo el margen sur del cratón de Norteamérica.

La región de la carta comprende el extremo sur de la Cuenca de Chihuahua, limitada al surponiente por la Península de Aldama que al mismo tiempo la separaba del Mar Mexicano. El Canal de Camargo comunicaba a la Cuenca de Chihuahua con el Golfo de Sabinas en el sector nororiente, que estaba limitado hacia el sur por la Isla de Coahuila que también servía de límite oriental al Mar Mexicano.

La interacción de una tectónica transpresiva con los elementos paleogeográficos positivos y negativos controló la erosión y sedimentación mesozoica en toda la región (Longoria, 1985; Padilla y Sánchez, 1986; Vélez, 1990), provocando varias fases transgresivas y regresivas evidentes en el registro estratigráfico por la presencia de lechos rojos, evaporitas, sedimentos mixtos, de cuenca y carbonatos de plataforma con múltiples cambios de facies, tanto laterales como verticales, que en conjunto alcanzan más de 7,000 m de espesor en la parte central de la Cuenca de Chihuahua, 3,000 m en el Golfo de Sabinas, 2,000 m de espesor sobre la Península de Aldama e Isla de Coahuila y más de 5,000 m en el Mar Mexicano (Tovar, 1981; Cantú, et al., 1985; Araujo y Arenas, 1986; Padilla y Sánchez, 1986).

En el Jurásico Superior se inicia en toda la región una transgresión marina proveniente del sureste dejando emergidas la Península de Aldama e Isla de Coahuila, en cuyos márgenes se forman ambientes de litoral y marinos someros en las cuencas, con desarrollo de evaporitas y depósito de sedimentos terrígenos de la Formación La Casita (Tovar, 1981).

Durante el Neocomiano continua la subsidencia y se profundizan las cuencas, predominando los ambientes de mar abierto donde se depositan los sedimentos terrígenos de la Formación Mezcalera en el Mar Mexicano, derivados de una tierra emergida (Arco Tarahumara) al poniente (Araujo y Arenas, 1986). En los márgenes de las plataformas se depositan sedimentos terrígenos y calcáreos de las Formaciones Carbonera y Taraises. Durante esta época la Cuenca de Chihuahua actúa como plataforma y se comunica con el Mar Mexicano a través del Canal de Camargo (Cantú, et. al., 1985).

Al mismo tiempo, en el golfo de Sabinas se depositan los sedimentos terrígenos de las formaciones Barril Viejo, San Marcos y La Mula (Padilla y Sánchez, 1986).

En el Aptiano el mar invade nuevas áreas cubriendo la Península de Aldama y parcialmente la Isla de Coahuila; continúa el levantamiento del Arco Tarahumara al poniente profundizando el Mar Mexicano, donde predominan las facies de mar abierto de la Formación Mezcalera.

En el Mar Mexicano continúa el depósito de la Formación Mezcalera mientras que en el Golfo de Sabinas e Isla de Coahuila se depositan las formaciones Cupido, La Peña y Las Uvas.

En el Albiano Medio la Isla de Coahuila es cubierta totalmente y se desarrollan calizas de plataforma con facies arrecifales (Formación Aurora) al igual que en la plataforma de Aldama; al mismo tiempo la Cuenca de Chihuahua, el Mar Mexicano y el Golfo de Sabinas se profundizan.

Durante el Cenomaniano aumenta la tasa de levantamiento del Arco Tarahumara y la actividad magmática representada por los diques de la Formación Mezcalera. Las plataformas inician su hundimiento gradual y reciben gran cantidad de sedimentos terrígenos tipo flysch (formaciones Indidura-Ojinaga y San Carlos); más tarde comienza el basculamiento regional de las cuencas hacia el oriente dando origen a la regresión marina regional, progradante de poniente a oriente (Araujo y Arenas, 1986).

A fines del Cretácico Superior (Maestrichtiano) y principios del Terciario (Paleoceno-Eoceno) alcanza su clímax la orogenia Laramide por subducción de la placa Farallón (Coney, 1978) provocando la completa emersión de toda la región, el plegamiento y fallamiento inverso de los sedimentos paleozoicos y mesozoicos generándose una tectónica transcurrente siniestral a lo largo de fracturas preexistentes NW-SE que al interactuar sobre el basamento controlaron el estilo e intensidad del plegamiento Laramídico (Longoria, 1985; Padilla y Sánchez, 1986). Al mismo tiempo se produce una migración hacia el oriente de la actividad magmática (Clark, et al., 1982).

Al finalizar el plegamiento y levantamiento, la región es sometida a fallamiento normal y una intensa erosión que da origen al depósito de conglomerados en depresiones y fosas tectónicas.
A fines del Eoceno, la región es afectada por una actividad volcánica representada por derrames andesíticos.

En el Oligoceno Medio (34 Ma) se inicia un intenso vulcanismo silícico, con facies máficas comagmáticas, que se prolonga hasta fines del Oligoceno (24 Ma). Este vulcanismo estuvo asociado a un plutonismo contemporáneo y posiblemente comagmático (James y Henry, 1993), algunas veces asociado a mineralización polimetálica económica como en Naica, San Juan del Cordero y Cerro Los Reyes (C.R.M., 1994), esta actividad magmática es equivalente a la de la Sierra Madre Occidental (McDowell y Keizer, 1977), de afinidad calcoalcalina de alto K y se considera transicional entre esta provincia y la de Trans-Pecos en Texas (Gunderson et al., 1986).

Estudios isotópicos y de elementos traza regionales indican que las rocas volcánicas félsicas de la región se derivaron a partir de la cristalización fraccionada de magmas basálticos del manto con asimilación parcial de corteza continental (Cameron et al., 1980; Moll, 1981; Gunderson et al., 1986; James y Henry, 1993).

A fines del Oligoceno y principios del Mioceno (24-23 Ma) se inicia el evento extensional de Cuencas y Sierras durante el cual se produce un levantamiento y arqueamiento de la corteza que provoca un fallamiento normal con bloques levantados y hundidos, acompañado por un vulcanismo alcalino fisural, fuera de la carta (Henry y Price, 1986), el cual modeló la topografía actual de la región.

La erosión de los bloques levantados produce gran cantidad de sedimentos continentales gruesos que se depositan en las fosas tectónicas adyacentes; en algunas localidades se depositan calizas y yesos lacustres.

En el Mioceno Tardío se produce una reorganización en el límite de las placas tectónicas, asociada a la apertura del Protogolfo de California (Henry y Aranda, 1992), que produce un cambio en la dirección de los esfuerzos mínimos regionales de ENE a NNW que es el que rige actualmente en toda la región (Henry y Price, 1986).

A fines del Plioceno (2 Ma) se produce una nueva etapa de fallamiento extensional acompañada de vulcanismo basáltico alcalino con xenolitos del manto y la corteza inferior en La Olivina (Nimz et al., 1986; Cameron et al., 1992) , el cual constituye el último evento magmático de la región.

Áreas con potencial geológico para exploración minera

La compleja evolución tectónica que ha sufrido la región, que incluye una colisión continental, ha dado origen a la presencia de dos terrenos tectonoestratigráficos con diferente tipo de basamento, así como una zona de sutura estructuralmente compleja y poco conocida que constituye una zona favorable para el emplazamiento de mineralización, aunque su localización es motivo de especulación por estar cubierta por rocas mesozoicas y cenozoicas.

Los yacimientos más importantes de la región, en el distrito minero de Naica, están relacionados genéticamente a intrusiones graníticas oligocénicas que formaron grandes cuerpos de reemplazamiento con sulfuros de Ag, Pb, Zn y Cu en calizas arrecifales cretácicas, así como vetas hidrotermales, de menor volumen, en rocas volcánicas, sedimentarias y en las propias intrusiones.

Las zonas más favorables para el emplazamiento de estas intrusiones son las zonas de falla del basamento paleozoico que limitaron bloques positivos y negativos. Estas fallas, aunque están cubiertas por rocas mesozoicas, se pueden identificar con magnetometría y están inferidas por los cambios de facies laterales, ambiente de depósito de las diferentes formaciones mesozoicas y estilo estructural de plegamiento.

De acuerdo a lo anterior las zonas más favorables para contener mineralización económica son las áreas de afloramiento de calizas arrecifales y/o de plataforma depositadas sobre o en los bordes de la Península de Aldama y la Isla de Coahuila, afectadas por intrusiones graníticas, ya sea que afloren o estén indicadas por magnetometría.

En las zonas donde afloran los sedimentos de facies de cuenca (Formación Mezcalera) el desarrollo de mineralización metasomática está restringida a

horizontes delgados de carbonatos, predominando la mineralización en forma de vetas.

Las zonas de falla del basamento que actuaron como fallas transcurrentes en el Terciario Inferior, constituyen estructuras favorables para contener mineralización hidrotermal asociada al magmatismo silícico oligocénico.

En las zonas de transición entre las cuencas y los bordes de las plataformas, existen posibilidades, muy especulativas, de la existencia de yacimientos de Ag, Pb, Zn tipo Valle del Mississipi, rellenando cavidades preexistentes en las rocas carbonatadas.

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la carta Ciudad Camargo G13-2 escala 1:250,000 tiene alcance de carácter regional por las características del mapa, donde es posible la interpretación indirecta de rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución de las rocas ocultas como intrusivos, rocas sedimentarias, metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles estructurales para la presencia de depósitos minerales, rasgos obtenidos en base al contraste de susceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originado éste por la presencia de óxidos y/o sulfuros de fierro dispersos en pequeñas cantidades en la matriz 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 sujetos a discusión y se proporcionan como una base para análisis más profundos de acuerdo con el objetivo y uso de la información.

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

Dominios Magnéticos

En la carta magnética Ciudad Camargo se identificaron 5 dominios magnéticos indicados con las letras: A_1, A_2, B_1, B_2 y C, diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

Dominio Magnético A_1

El dominio magnético A_1 se atribuye a rocas intrusivas de composición félsica a intermedia y se manifiesta en forma de monopolos magnéticos de bajo gradiente e intensidad (-160 a +30 nT).

Se distinguen 8 anomalías denominadas como dominios magnéticos A_1 que se distribuyen en las porciones norponiente, surponiente, centro sur, suroriente y nororiente de la carta.

En la esquina norponiente de la hoja, al NNW del poblado de Naica, Chih., los dominios magnéticos A_1 se correlacionan en superficie con afloramientos de lutitas y areniscas del Cretácico Superior (formaciones Indidura-Ojinaga y San Carlos), cortadas por numerosos diques de composición félsica que siguen un rumbo NW-SE. Esto señala que los dominios magnéticos A_1 pueden asociarse a un intrusivo emplazado a profundidad, a partir del cual tienen su origen dichos diques.

En la esquina surponiente de la hoja, alrededor de Cerro Munguía, se observan dos dominios magnéticos A_1. El de la parte norte se correlaciona y se atribuye a un intrusivo de composición tonalítica que aflora parcialmente (INEGI, 1991) y que corta a la Formación Mezcalera (Araujo y Arenas, 1986), mientras que el de la parte sur, no se correlaciona con ningún afloramiento de intrusivo, indicando la presencia de un intrusivo emplazado a profundidad en la Formación Mezcalera.

El dominio magnético A_1 ubicado en la porción centro-sur de la hoja, al poniente de la Sierra de Almoloya, se correlaciona en superficie con una zona cubierta por conglomerados (Terciario Superior, según INEGI, 1991) y pequeñas coladas de basalto. Las dimensiones, gradiente e intensidad magnética de este dominio A_1 sugieren su relación con un cuerpo intrusivo a profundidad, y las pequeñas anomalías de alta intensidad (B_2) dentro de este dominio, representan la respuesta magnética de las pequeñas coladas de basaltos dentro de los límites de este dominio, cuyo borde sur queda fuera de la carta.

En el sector suroriente de la hoja, en la Sierra El Diablo correspondiente al paleo-elemento Isla de Coahuila (Cantú, et al., 1985; Araujo y Arenas, 1986), existen dos dominios magnéticos A_1. El primero, y de mayores dimensiones ubicado en la esquina de la carta, se correlaciona con afloramientos de calizas de la Formación Aurora (Araujo y Arenas, 1986) cubiertas parcialmente por aluvión, por lo que se infiere la presencia de un intrusivo terciario emplazado a profundidad en la Formación Aurora, el cual quizá produjo durante su emplazamiento, un pequeño colapso representado por un fallamiento normal ligeramente circular en el costado poniente del dominio A_1.

El segundo dominio A_1, al NW del anterior, también se correlaciona en superficie con calizas de la Formación Aurora, interpretándose de la misma manera la

presencia de un intrusivo emplazado a profundidad en esta unidad sedimentaria.

Otro dominio magnético A_1 se detectó en el extremo norponiente de la Sierra de Almagres, al nororiente de la hoja. Este se correlaciona en superficie con calizas de la Formación Aurora que constituyen esta sierra. Similarmente a los dominios A_1 en la Sierra El Diablo, se sugiere la presencia de un intrusivo de composición félsica emplazado a profundidad en la Formación Aurora.

Dominio Magnético A_2

El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y se manifiesta por anomalías magnéticas monopolares y dipolares de alto gradiente y alta intensidad que varía de -450 a +440 nT.
Se distinguen 13 zonas que se identificaron como dominios A_2, que se distribuyen en las porciones norponiente, poniente, surponiente, centro-sur y suroriente de la carta.

En las inmediaciones de Naica, Chih., en la porción norponiente de la hoja, se observa un dominio A_2 de alto gradiente e intensidad magnética que se correlaciona en superficie, principalmente con rocas calcáreas de la Formación Aurora que afloran en la Sierra de Naica. Se infiere que este dominio magnético está asociado a un intrusivo de amplias dimensiones emplazado a profundidad, que posiblemente alimentó a los diques felsíticos que originaron la mineralización en el Distrito Minero de Naica (Palacios et al., 1986), ubicado en el extremo nororiente de este dominio magnético.

En la porción poniente de la carta, se observan dos anomalías de este tipo, una en Valle de Zaragoza, Chih., y otra al surponiente de este poblado. El primero se correlaciona superficialmente con conglomerados del Terciario Superior (INEGI, 1991) que rellenan un graben limitado por fallas normales de rumbo NW-SE y NNW-SSE , las cuales afectaron a las rocas de la Formación Mezcalera (Araujo y Arenas, 1986). Este dominio se atribuye a un cuerpo intrusivo emplazado a profundidad en dicha unidad sedimentaria, dentro de los márgenes de la fosa tectónica. El segundo dominio A_2 se ubica en un bloque levantado formado por rocas de la Formación Mezcalera y limitado por fallas normales de rumbo NW-SE. Este dominio A_2 se atribuye a un intrusivo ó intrusivos que se emplazaron a profundidad en la Formación Mezcalera, formando un lineamiento de rumbo NW-SE que se prolonga hacia afuera de la carta, y que posiblemente estén relacionados con el levantamiento del bloque.

En la zona mineralizada de San Juan del Cordero, en la porción surponiente de la carta, un dominio magnético A_2 se correlaciona en su parte sur con un pequeño graben limitado por fallas normales de rumbo NW-SE, rellenado por conglomerados del Terciario Superior (INEGI, 1991) y desarrollado en la Formación Mezcalera; en su parte norte se correlaciona con el afloramiento de un pórfido riolítico (CRM, 1994) que corta a esta misma unidad sedimentaria. Este dominio es interpretado como la respuesta de un intrusivo granítico que se amplía a profundidad en la Formación Mezcalera.

En la esquina surponiente de la hoja se ubican dos dominios magnéticos A_2 cuyos límites salen fuera de la carta. El primero ubicado sobre la Sierra Las Hoyas, se correlaciona con el afloramiento de riolita y andesita que sobreyacen a la Formación Mezcalera, por lo que se infiere la presencia de un intrusivo a profundidad en la Formación Mezcalera, que se prolonga fuera de la carta, hacia el poniente y un poco hacia el sur.

Por su parte el dominio A_2 ubicado al norponiente del anterior, se correlaciona con el afloramiento de un cuerpo intrusivo de composición tonalítica (INEGI, 1991), que corta a las rocas de la Formación Mezcalera, por lo que se infiere que este dominio A_2 representa la respuesta magnética de dicho intrusivo.
En la parte sur de la hoja, también se observan dos dominios magnéticos A_2. El primero, ubicado al SE de la Sierra de Almoloya, se correlaciona superficialmente con aluvión, conglomerados y el afloramiento de dos pequeños troncos graníticos (INEGI, 1991). Este dominio se atribuye a un intrusivo granítico que formaliza a profundidad en un solo intrusivo de mayores dimensiones.

El segundo dominio A_2, ubicado al suroriente de Ciudad Jiménez, se correlaciona con aluvión y con un pequeño afloramiento de caliza de la Formación Aurora que es cortada por un intrusivo de composición granítica (INEGI, 1991), por lo que este dominio A_2 se atribuye a dicho intrusivo, el cual debe ampliarse a profundidad hacia el sur.

En la esquina suroriente de la hoja, se observan 3 dominios magnéticos A_2 que forman un lineamiento de rumbo E-W al poniente de la Sierra El Diablo. Los dos dominios de la parte más al poniente se correlacionan con afloramientos de troncos dioríticos (INEGI, 1991) que cortan (?) a rocas volcánicas terciarias, por lo que se atribuye a estos intrusivos el origen de los dominios A_2, mientras que el dominio A_2 de la parte más al oriente, se correlaciona con afloramientos de calizas de la Formación Aurora. Este dominio se atribuye a un intrusivo de características similares a los anteriores, que debió emplazarse a profundidad en la Formación Aurora.

En la porción oriente de la carta se detectó un dominio A_2 alargado en dirección E-W que se correlaciona superficialmente con aluvión que rellena el Bolsón de Mapimí y calizas de la Formación Aurora que constituyen la Sierra El Diablo. Por sus dimensiones y orientación, así como ausencia de mineralización superficial, parece corresponder al complejo granítico permo-triásico que forma el basamento bajo la Sierra El Diablo (Tovar, 1981). En su porción occidental, el dominio anterior está

enmascarado por la respuesta de rocas volcánicas (Dominio B_2).

Por su parte, el dominio magnético A_2 en la porción central de la hoja se atribuyó a un intrusivo cubierto por rocas volcánicas (Dominio B_2) que enmascaran parcialmente su respuesta magnética, en la porción oriente de este dominio.

Dominio magnético B_1

El dominio B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, y se manifiesta por distorsiones, altos y bajos magnéticos que se agrupan formando zonas de bajo gradiente y baja intensidad magnética (-250 a -40nT).

Se distribuye de una manera muy irregular dentro de la carta, sin formar lineamientos. Se extiende ocupando grandes áreas, principalmente en las porciones centro-norte, centro y centro-sur de la carta, correlacionándose con afloramientos de rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, como las que afloran en las sierras de Guadalupe y Agua de Mayo (CRM, 1994). Este dominio magnético se atribuye a las rocas volcánicas emitidas a través del fallamiento de rumbo NNW formado en el intervalo entre los 32 y 27 Ma durante los esfuerzos distensivos Laramídicos tardíos, ya que éstos produjeron la emisión de lavas de composición intermedia a félsica y piroclásticos (McDowell y Clabaugh, 1979), similares a las observadas en la Sierra de las Encinillas, en las inmediaciones de La Perla, Chih.

Dominio magnético B_2

Este dominio magnético se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, representado por monopolos y dipolos magnéticos con intensidades de –400 a +500 nT, y pequeña distancia dipolar que se distribuyen caóticamente formando zonas de alto gradiente magnético.

Es el dominio magnético más ampliamente distribuido, el cual ocupa grandes extensiones, correlacionándose principalmente con afloramientos de rocas volcánicas de composición intermedia a máfica.

En la esquina nororiente de la hoja, el dominio B_2 se atribuye a rocas basálticas, similares a las de la mina La Olivina, expulsadas de conos cineríticos que forman un gran campo volcánico (Nimz, et al.,1986).

Sin embargo, hacia otras porciones de la hoja, donde se observa el dominio B_2, no se cuenta con información suficiente para distinguir entre las rocas máficas asociadas a éste. En cualquiera de los casos que a continuación se describen, el dominio B_2 puede asociarse a rocas basálticas similares a las de La Olivina (Nimz, et al., 1986), a rocas máficas más antiguas de aproximadamente 30 Ma como las de las sierras El Gallego (Keller, et al., 1982), ó El Virulento (Gunderson, et al., 1986), ó quizá más jóvenes (24-17 Ma) similares a las rocas máficas de Trans-Pecos en Texas, producidas por la extensión Cuencas y Sierras (Henry y Price, 1986).

Al norponiente de la Sierra de San Francisco, el extenso dominio magnético B_2 se correlaciona con basaltos plio-cuaternarios (INEGI, 1991) que forman un extenso afloramiento, infiriéndose por la respuesta magnética que dichas rocas se depositaron en gruesos paquetes.

En la parte nororiente y centro-norte de la hoja, el dominio B_2 se correlaciona parcialmente con afloramientos de rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, lo que indica que estas solo afloran parcialmente, pero su distribución es extensa y de grueso espesor.

Similarmente, en la porción centro-sur de la carta, existen dos dominios B_2 de rumbo N-S que se extienden entre los poblados de San Francisco de Conchos y El Progreso, y entre San Felipe y Río del Parral, respectivamente. Estos incluyen lineamientos de altos magnéticos de alta intensidad, lo que señala que pueden asociarse a rocas volcánicas máficas emitidas a través de fisuras de rumbo NW-SE producidas en el ambiente extensional de Cuencas y Sierras (Henry y Price, 1986). Lo mismo sucede con algunos dominios B_2 de rumbo NW-SE, como los que se observan en la Sierra de Tortuguillas, al oriente de Naica (porción norponiente de la hoja) y a lo largo de la Sierra Barraza (en la parte sur de la hoja), Sierra Los Platos y Cerro La Tinaja, centro norte de la carta.

El dominio B_2 del extremo norponiente de la carta está asociado a rocas volcánicas félsicas y máficas oligocénicas con intrusiones cogenéticas (Cameron, et al., 1989).

Dominio magnético C

El dominio magnético C se atribuye a rocas sedimentarias. Está representado por distorsiones magnéticas suaves que forman zonas de muy bajo gradiente magnético, con intensidades de -250 a 0.0 nT.

El dominio magnético C se observa en las porciones norponiente, surponiente, centro-sur y suroriente de la carta.

En la esquina norponiente de la hoja, el dominio C se correlaciona con el afloramiento de lutitas y areniscas del Cretácico Superior (formaciones Indidura-Ojinaga y San Carlos, INEGI, 1991). Este dominio representa en esta parte de la hoja la respuesta magnética de las rocas sedimentarias depositadas sobre el paleo-elemento conocido como Península de Aldama (Cantú et al., 1985 ; Araujo y Arenas, 1986).

El dominio C de la parte surponiente de la carta, se atribuye a las rocas sedimentarias de la Formación Mezcalera (Araujo y Arenas, 1986) y define parte del paleo-elemento conocido como Mar Mexicano (Cantú et al., 1985; Araujo y Arenas, op. cit.). Similarmente

ocurre con el dominio C en la parte centro-sur de la hoja, al norte de la Sierra de Almoloya.

El dominio C de la esquina suroriente de la hoja, se correlaciona con el extenso afloramiento de rocas sedimentarias de la Formación Aurora en la Sierra El Diablo, depositada sobre el paleo-elemento conocido como Isla de Coahuila (Cantú et al., 1985; Araujo y Arenas, 1986), en esta zona de la hoja.

El dominio C en las inmediaciones de la Sierra Las Pampas, se atribuye a rocas sedimentarias similares a las observadas en la Sierra El Diablo y posiblemente representen el margen occidental de la Isla de Coahuila hacia esta porción de la carta.

Lineamientos magnéticos

Otro de los rasgos magnéticos identificados en la carta Ciudad Camargo, corresponde a los lineamientos magnéticos representados por líneas interrumpidas en el mapa magnético. Estos se atribuyen a fallas, algunas de ellas de origen profundo cuya manifestación superficial no es evidente en la mayoría de los casos.

Principalmente se observan tres sistemas de lineamientos magnéticos, con orientación general NW-SE, N-S y NE-SW.

Los lineamientos de rumbo NW-SE son los más extensamente distribuidos en la carta; ocupan una amplia zona de hasta 50 Km de ancho que se extiende de la porción centro-sur a norponiente de la hoja. Estos lineamientos se atribuyen a una zona de intenso fallamiento transcurrente (zona de cizalla?). Entre estos lineamientos, destaca aquel que se extiende desde la Sierra Las Pampas con rumbo N-S y continúa en dirección NW-SE hacia Camargo, prolongándose hacia las sierras Tortuguillas y Los Pozos y hacia la hoja Delicias fuera de la carta. Este lineamiento se correlaciona con la megafalla transcurrente de Juárez, propuesta por Eguiluz (1984), la cual posiblemente limita a la Isla de Coahuila en su porción poniente y a la Península de Aldama en su lado oriente. Esta quizá controló el hundimiento que dio origen a la Cuenca de Chihuahua al oriente de Aldama durante el Jurásico Tardío al Cretácico Medio (Hennings, 1994) y al Mar Mexicano al poniente de la Isla de Coahuila, durante el Jurásico Superior (Araujo y Arenas, 1986). Al parecer continuó, su actividad hasta el Terciario, para controlar la emisión de rocas volcánicas (B_2) e intrusivas (A_2), ubicadas a lo largo de ésta y de otras fallas semiparalelas definidas por los lineamientos magnéticos.

La presencia de lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE, N-S y NE-SW afectando a los dominios B_1 y B_2, sugiere que la emisión de rocas volcánicas asociadas a estos dominios, haya sido controlada por un fallamiento relacionado a estos lineamientos y que dicha emisión se llevó a cabo en distintas etapas y diferentes épocas: la primera a través del fallamiento NW-SE producido por los esfuerzos distensivos de la orogenia Laramide en su etapa tardía y por la extensión temprana de Cuencas y Sierras hace 30 ó 31 Ma (Henry y Price, 1986; Henry y Aranda, 1992); posteriormente el cambio en la dirección de la extensión Cuencas y Sierras produce el fallamiento de rumbo N-S y quizá más tardíamente el de rumbo NE-SW (Henry y Price, op. cit.).

En la época más reciente, estos 3 sistemas de fallamiento al parecer continúan activos y controlan la emisión de basaltos plio-cuaternarios (Nimz et al., 1986), en forma de derrames fisurales, como se observa en el Cerro Rosario y Sierra Barraza, lo cual provoca que algunos dominios B_2 siguen el rumbo de los lineamientos magnéticos en estas localidades. Así también, pudieron controlar la emisión de rocas basálticas a través de conos cineríticos alimentados por medio de estas fallas, como los de La Olivina donde se observan xenolitos provenientes del manto y de la corteza inferior (Nimz et al., op. cit), lo que señala el carácter profundo de este fallamiento y su relación con un magmatismo alcalino intraplaca.

Existen dos lineamientos de rumbo NW-SE en la esquina surponiente de la hoja al sur de la presa La Boquilla, que se atribuyen a fallas que limitan un bloque levantado compuesto por rocas de la Formación Mezcalera (dominio C).

Mapa de reducción al polo y continuación ascendente del campo magnético a 2,000 m s.n.t.

Con la finalidad de apoyar la interpretación de la información aeromagnética, se realizaron los procesos analíticos de reducción al polo (Figura 3) y continuación ascendente de campo magnético a 2,000 m s.n.t. sobre el nivel del terreno (Figura 4).

La reducción al polo permite convertir el campo magnético de una latitud magnética donde el campo de la tierra es inclinado, al campo en un polo magnético, donde el campo inducido es vertical. De esto se obtiene, en la mayoría de los casos, respuestas monopolares ubicadas directamente sobre sus fuentes, lo que simplifica la interpretación.

La continuación de campo ascendente consiste en filtrar del mapa magnético las altas frecuencias correspondientes a las unidades geológicas más superficiales. Esto permite observar o resaltar las respuestas magnéticas de más baja frecuencia correlacionables con las estructuras geológicas profundas (Figura 4).

Al surponiente de Naica, en Belduque, se observa un dominio A_2 cuya presencia no se detectó en el mapa del vuelo a 300 m. Este dominio A_2 se atribuye a un intrusivo que aflora parcialmente y presenta características magnéticas similares al intrusivo de Naica.

Al norte de Naica se detectó un dominio A_1 que se atribuye a un cuerpo intrusivo a profundidad, muy

similar al que se interpretó en la esquina norponiente de la carta. Este dominio A_1 en conjunto con el de Naica y el de la parte SW de este poblado, forman un lineamiento de rumbo NE-SW que cambia a N-S. Esto sugiere que posiblemente estos intrusivos interpretados se emplazaron aprovechando zonas de fallamiento de rumbo NE-SW y N-S que limitaron a la Península de Aldama (Cantú et al., 1985; Araujo y Arenas, 1986).

En las porciones oriente y centro-norte de la carta, se observa una serie de dominios magnéticos A_2, formando un lineamiento de rumbo E-W que cambia a NW-SE. En la porción donde el lineamiento A_2 sigue un rumbo E-W, se interpreta que está limitado por dos fallas y que quizá, todo el lineamiento represente un levantamiento del basamento bajo la Isla de Coahuila, posiblemente compuesto por cuerpos ígneos similares a los que reportó Jones et al. (1984), en la Sierra de la Mula, al norponiente del poblado de Ocampo, Coahuila. Se interpreta además, que la falla que limita al norte a este lineamiento A_2, quizá pueda considerarse como el límite al norte de dicha isla, ya que se observa una correlación aproximada a rumbo con la falla Sierra Mojada-China, la cual representa el límite norte de la Isla de Coahuila, Padilla y Sánchez (1986).

Entre los lineamiento magnéticos asociados a fallas profundas, destacan dos de rumbo NW-SE que se extienden de la Sierra de Barraza a Ciudad Camargo. Es probable que estos representen la respuesta a profundidad de la falla de Juárez (Eguiluz, 1984) y quizá sirvieron de conducto para la emisión de rocas volcánicas basálticas en forma de derrames de fisura definidas por el dominio B_2 que se extiende siguiendo estos lineamientos.

Áreas prospectivas

En base a los resultados de la interpretación regional del mapa magnético, se definieron zonas prospectivas por mineralización polimetálica que se asocian a los dominios magnéticos A_1 y A_2, cuyos entornos geológicos y evidencias superficiales de mineralización los señalan como zonas de interés geológico-minero con posibilidades de ser prospectadas.

En el distrito minero de Naica el dominio magnético A_2 señala la presencia de un cuerpo intrusivo a profundidad, del cual quizá se derivan los diques felsíticos asociados a la mineralización del distrito (Palacios et al., 1986). Esto sugiere que el dominio A_2 delimita una zona favorable para el emplazamiento de depósitos tipo skarn con mineralización de Ag-Au-Pb-Zn-Cu asociados a los diques felsíticos o quizá al intrusivo a profundidad, que se prolonga hacia el surponiente dando interés exploratorio a la Sierra La Perla.

El dominio magnético A_1 observado en la esquina norponiente de la carta, en el mapa magnético de continuación de campo (Figura 4), se interpretó como un intrusivo que alimentó a una serie de diques que afloran en superficie y quizá represente la fuente de la zona mineralizada Savonarola, lo que señala una zona prospectable por cuerpos de reemplazamiento de Ag, Pb y Zn similares a los de Santa Eulalia.

Al WSW de Naica, en el plano de continuación de campo, se observa un dominio magnético A_2 que corresponde a un intrusivo de composición granodiorítica (INEGI, 1991), que aflora parcialmente. No obstante que no existen evidencias de mineralización en este sitio, la anomalía magnética es muy similar a la del distrito minero de Naica, por lo que puede representar también un blanco de exploración por mineralización similar a la de dicho distrito minero, sobre todo a profundidad donde corte a rocas carbonatadas de la Formación Aurora.

Los dominios magnéticos A_2 en Valle de Zaragoza y al WSW de este poblado sobre los cordones El Marchante, se atribuyen a intrusivos emplazados a profundidad en la Formación Mezcalera y posiblemente sean responsables de las evidencias superficiales de mineralización de Cu-Fe y Ag-Pb-Zn. Es posible que en esta localidad, donde no afloran los intrusivos, la mineralización se encuentre a profundidad en el entorno del intrusivo, y que las evidencias de mineralización en superficie, representan las manifestaciones más distales. No debe descartarse la posibilidad de la existencia de mineralización diseminada en los sedimentos clásticos de la Formación Mezcalera.

En San Juan del Cordero, el dominio magnético A_2 representa una zona prospectiva por mineralización de Ag-Pb-Zn, ya que delimita el área de influencia del pórfido riolítico que aflora parcialmente en este sitio el cual originó la mineralización de Ag-Pb-Zn de esta, ubicada dentro de los márgenes de este dominio.

En el plano de continuación de campo (Figura 4) en la porción surponiente de la carta, se presenta un dominio magnético A_2 atribuido a un intrusivo tonalítico (INEGI, 1991), que aflora parcialmente. Dentro de sus márgenes existen evidencias de Sb, sin embargo, el área delimitada por este dominio puede ser prospectable además por mineralización epitermal de Ag, Pb y Zn en la Formación Mezcalera.

El dominio magnético A_1 ubicado al poniente de la Sierra de Almoloya, el cual se interpreta como un intrusivo a profundidad, no muestra evidencias de mineralización dentro de sus márgenes, sin embargo, muy cerca de él existen depósitos de Au, Mn y barita, con los cuales podría estar relacionado.

En la Sierra de Almoloya en la parte sur de la carta, el dominio magnético A_2 define la continuación a profundidad de un cuerpo intrusivo granítico (INEGI, 1991), que aflora parcialmente y que probablemente originó la mineralización tipo skarn de Au-Ag-Pb-Zn de la zona mineralizada de Almoloya. Esto sugiere una

zona prospectiva por depósitos similares dentro de los márgenes de este dominio.

El dominio A_2 ubicado al suroriente de Ciudad Jiménez, delimita una zona prospectiva por depósitos tipo skarn de Cu, Au y Ag, ya que se correlaciono con el intrusivo de composición granítica que originó la mineralización tipo skarn en la región minera de Jiménez.

En el extremo suroriente de la carta existen 3 dominios A_2, de los cuales los dos de la parte poniente se correlacionan con afloramientos de intrusivos dioríticos terciarios (INEGI, 1991), mientras que el de la parte oriente se interpreta como un intrusivo emplazado a profundidad en la Formación Aurora posiblemente asociado a la mineralización de fluorita en los márgenes de este dominio, lo que señala que posiblemente los tres dominios se relacionan a mineralización similar y que en el caso de los dominios A_2 de la parte poniente, la mineralización esté en la Formación Aurora, bajo las rocas volcánicas definidas por el dominio magnético B_2.

El dominio magnético A_1 en la esquina suroriente de la carta, atribuido inicialmente a un intrusivo sepultado, no se correlaciona con algún afloramiento de intrusivo, ni a evidencias de mineralización. Esto sugiere que quizá pueda tratarse de un levantamiento del basamento en esta zona, que probablemente estuvo relacionado con el levantamiento de la Isla de Coahuila (Cantú et al., 1985; Araujo y Arenas,1986).

Por su parte los dominios A_1 ubicados al norponiente del dominio anterior y en la porción nororiente de la carta, no se asociaron a intrusivos aflorantes ni a evidencias de mineralización, sin embargo, la forma de las anomalías magnéticas sugieren intrusivos emplazados a profundidad en la Formación Aurora en ambos casos, con posibilidades de haber generado mineralización, por lo que también representan zonas prospectivas, aunque de menor interés.

Una extensa zona prospectiva por mineralización polimetálica se encuentra definida por el área donde abundan los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE, y en menor medida los N-S y NE-SW, que representan una zona de intenso fracturamiento (cizalla ?) que constituye una trampa estructural favorable para el emplazamiento de intrusivos (por ejemplo, Naica) y depósitos hidrotermales de reemplazamiento y en forma de vetas, con mineralización metálica de Ag-Pb-Zn y no metálica de fluorita y barita, como la observada en las sierras de Las Pampas y Camargo al oriente de Ciudad Camargo (CRM, 1994).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de localización de la Hoja Ciudad Camargo G13-2

Figura 2.- Interpretación de la carta magnética de campo total

Figura 3.- Reducción al polo del campo magnético total

Figura 4.- Reducción al polo y continuación ascendente del campo magnético a 2,000 m sobre el nivel del terreno

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, T.H. and Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora Megashear in the tectonic evolution of northern Sonora: in Geology of northern Sonora, eds. Anderson, T.H. and Roldan, Q.J. Geological Soc. of America, Field Trip Guidebook, p. 59-68.

Araujo, M. J., y Arenas, P.R., 1986, Estudio tectónico-sedimentario en el Mar Mexicano, estados de Chihuahua y Durango: Sociedad Geológica Mexicana, Boletín, v. 47-2, p. 43-87.

Briggs, I.C., 1974, Machine contouring using minimun curvature (spline): Geophysics, v. 39 Núm. 1, p. 34-42.

Cameron, K.L., Cameron, M., Bagby, W.C., Moll, E.J., and Drake, R.E., 1980, Petrologic characteristics of mid-tertiary volcanic suites, Chihuahua, Mexico: Geology, v.8, p. 87-91.

Cameron, K.L., Nimz, G.J., Kuentz, D., Niemeyer, S., and Gunn, S., 1989, Southern Cordilleran basaltic andesite suite, southern Chihuahua, Mexico: A link between tertiary continental arc and flood basalt magmatism in North America: Journal of Geophysical Research, v. 94 p. 7817-7840.

Cameron, K.L., Robinson, J.V., Niemeyer, S., Nimz, G.J., Kuentz, D.C., Harmon, R.S., Bohlen, S.R., and Collerson, K.D., 1992, Contrasting styles of pre-Cenozoic and mid-Tertiary crustal evolution in northern Mexico: Evidence from deep crustal xenoliths from La Olivina: Jour. Geophys. Research, v.97, p. 17353-17376.

Campa, U.M.F., and Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions of Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 20, p. 1040-1051.

Cantú, Ch. C., Sandoval, R., Arenas, P.R., 1985, Evolución sedimentaria del Cretácico Inferior en el norte de México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 17 núm. 2. P. 14-37.

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

Coney, P.J., 1978, Mesozoic-Cenozoic Cordilleran Plate Tectonics: Geological Society of America, Memoir 152, p. 33-50

Consejo de Recursos Minerales, 1994, Monografía Geológico-Minera del estado de Chihuahua: SEMIP, Publicación M-14e, 297 p.

Eguiluz, A.S., 1984, Fallas transcurrentes en el norte de México: VII Convención Nacional Sociedad Geológica Mexicana, Memorias p. 60-74.

Franco, R.M., 1978, Estratigrafía del Albiano-Cenomaniano en la región de Naica, Chihuahua: UNAM, Instituto de Geología, Revista v.2-2, p. 132-149.

Gunderson, R., Cameron, K., and Cameron, M., 1986, Mid – Cenozoic high-K calc-alkalic and alkalic volcanism in eastern Chihuahua, Mexico: Geology and geochemistry of the Benavides-Pozos area: Geological Society of America Bulletin, v. 97, p. 737-753.

Handschy, J.W., Keller, G.R., and Smith, K.J., 1987, The Ouachita system in northern Mexico: Tectonics, v. 6, p. 323-330.

Henry, C.D., and Price, J.G., 1986, Early Basin and Range development in Trans-Pecos Texas and adjacent Chihuahua: Magmatism and orientation, timing, and style of extension: Journal of Geophysical Research, v. 91, p. 6213-6224.

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

Hennings, P.H., 1994, Structural transect of the southern Chihuahua Fold Belt between Ojinaga and Aldama, Chihuahua, Mexico: Tectonics, v. 13, p. 1445-1460.

IAGA, División V, Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992, International Geomagnetic Reference Field, Revisión 1991: Geophysics, vol. 57 Núm. 57, p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1995, Espaciomapa Ciudad Camargo Hoja G13-2 escala 1:250,000 1ª impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1991, Carta Geológica Ciudad Camargo Hoja G13-2 escala 1:250,000. 1ª impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1980, Carta Topográfica Ciudad Camargo Hoja G13-2, escala 1:250,000. 1ª impresión.

James, E.W., and Henry, C.D., 1993, Pb isotopes of ore deposits in Trans-Pecos Texas and northeastern Chihuahua, Mexico: basement, igneous, and sedimentary sources of metals: Economic Geology, v.88, p. 934-947.

Jones, N.W., McKee, J.W., Marquez-D. B., Tovar, J., Long, L.E., and Laudon, T.E., 1984, The Mesozoic La Mula island, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v.95, p. 1226-1241.

Keller, P.C., Bockoven, N.T., and McDowell, F.W., 1982, Tertiary volcanic history of the Sierra del Gallego area Chihuahua, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v.93, p. 303-314.

Longoria, J.F., 1985, Tectonic transpression in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico: An alternative model: Geology, v. 13, p. 453-456.

McDowell, F.W., and Clabaugh, S.E., 1979, Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: Geol. Soc. America, Special Paper 180, p. 113-123.

McDowell, F.W., and Keizer, R.P., 1977, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, México: Geological Society of America Bulletin, v. 88, p. 1479-1487.

Moll, E.J., 1981, Geochemistry and petrology of Mid Tertiary ash flow tuffs from the Sierra El Virulento area, eastern Chihuahua, Mexico: Journal of Geophysical Research, v. 86, p. 10321-10334.

Moreno, F.A., Keller, G.R., and Mickus, K.L., 1993, The extent of the Ouachita continental margin in northern Mexico: in Ortega et al., Eds. Proceedings of the first Circum-Pacific and Circum-Atlantic terrane Conference, UNAM, Instituto de Geología, p. 100-103.

Nimz, G.I., Cameron, K.L., Cameron, M., and Morris, S.L., 1986, Petrology of the lower crust and upper mantle beneath southeastern Chihuahua, Mexico: Geofísica Internacional, v. 25, p. 85-116.

Padilla y Sánchez, R.J., 1986, Post-paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role in the evolution of theGulf of Mexico: Geofísica Internacional, v.25 No. 1, p. 157-206.

Price, J.G., and Henry, C.D., 1984, Stress orientations during Oligocene volcanism in Trans-Pecos Texas: Timing the transition from Laramide compresion to Basin and Range tension: Geology, v. 12, p. 238-241.

Palacios, N.H.A, Molina, L.M., González, D.R. y Carrasco, M.L.R., 1986, Naica: in Minas Mexicanas, Tomo 2, editor Jorge E. Ordoñes C, p. 51-68.

Querol, F., and Vallejo, A., 1990, Geology and genesis of Naica ore deposits, Chihuahua: in Mexican Silver Deposits, Guidebook Series volume 6., Ed. Clarck, K.F. Society of Economic Geologists, p. 47-58.

Ross, C.A., 1979, Late Paleozoic collision of North and South America: Geology, v. 7, p. 41-44.

Rudnick, R.L., and Cameron, K.L., 1991, Age diversity of the deep crust in northern Mexico: Geology, v. 19, p. 1197-1200.

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

Stevens, C.H., Stone, P., and Kistler, R.W., 1992, A speculative reconstruction of the middle Paleozoic continental margin of southwestern North America: Tectonics, v. 11, p. 405-419.

Stewart, J.H., 1988, Latest Proterozoic and Paleozoic southern margin of North America and the accretion of Mexico: Geology, v. 16, p. 186-189.

Torres, V.R., Ruiz, J., Murillo, M.G., Grajales, N.J.M., 1993, The paleozoic magmatism in Mexico; evidences for the shift from circum-atlantic to circum-pacific tectonism: in Ortega et al., Eds. Proceedings of the first Circum-Pacific and Circum-Atlantic terrane Conference. UNAM, Instituto de Geología, p. 154-155.

Tovar, R.J.C., 1981, Provincias con posibilidades petroleras en el distrito de Chihuahua: Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín, v.33 p. 25-51.

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

Vélez, S.D., 1990, Modelo transcurrente en la evolución tect ónico-sedimentaria de México: Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín, v. 40 No. 2, p. 1-35.

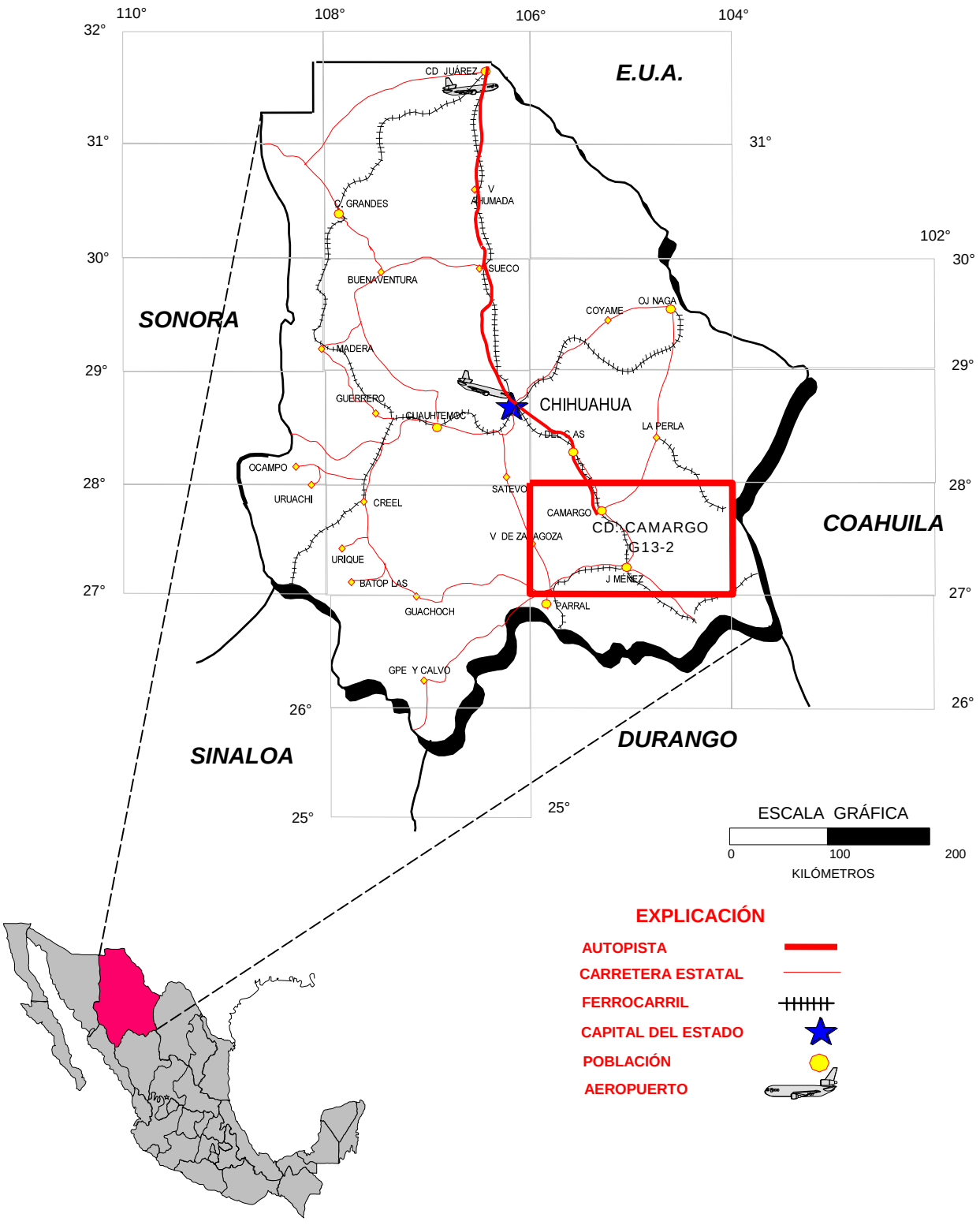
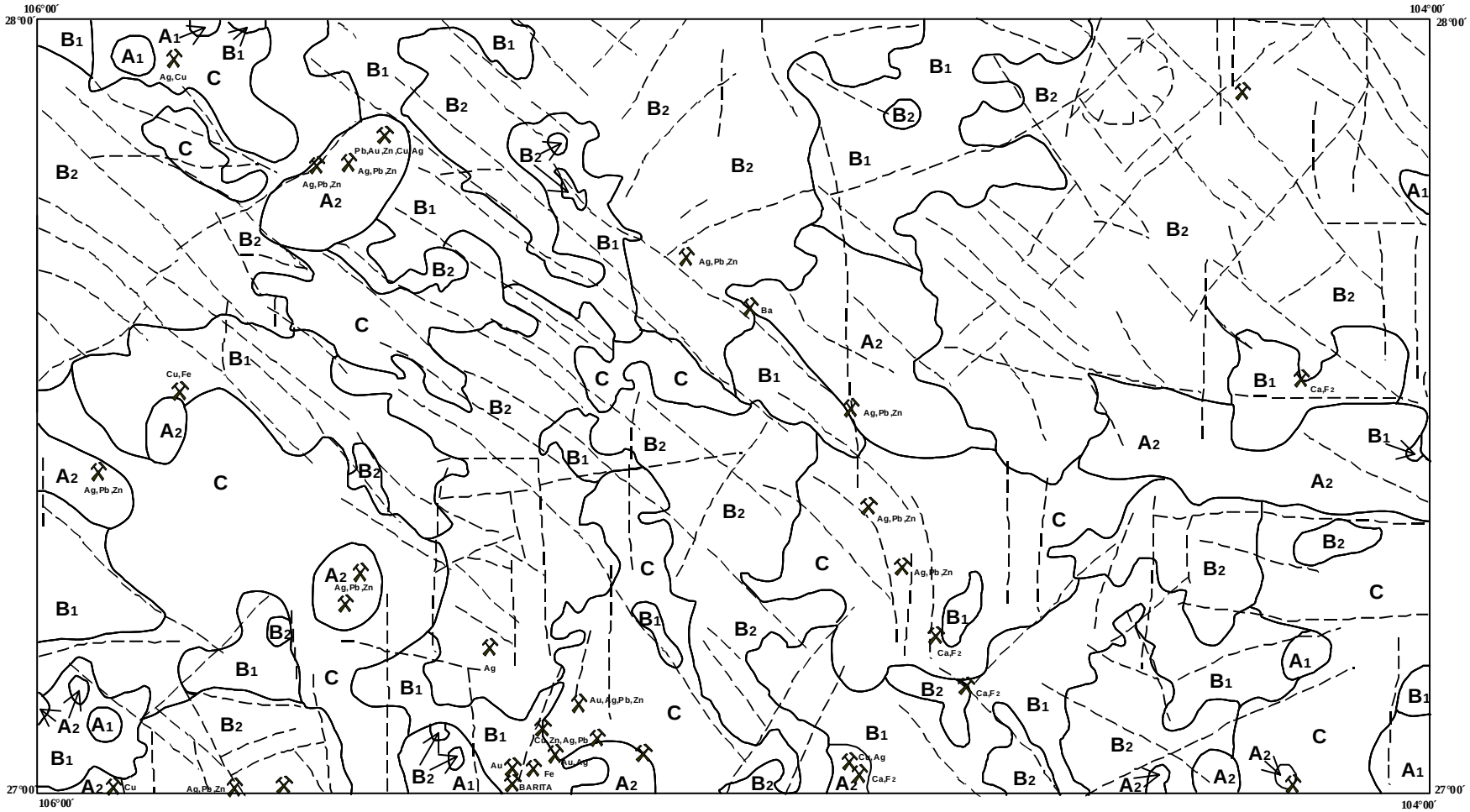


FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACIÓN



DOMINIO MAGNÉTICO

LINEAMIENTO MAGNÉTICO ASOCIADO A FALLAS

CURVOLINEAMIENTOS

LOCALIDAD MINERA

A1.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN FÉLSICA
A2.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN INTERMEDIA A MÁFICA

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

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

ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS

C.- ROCAS SEDIMENTARIAS

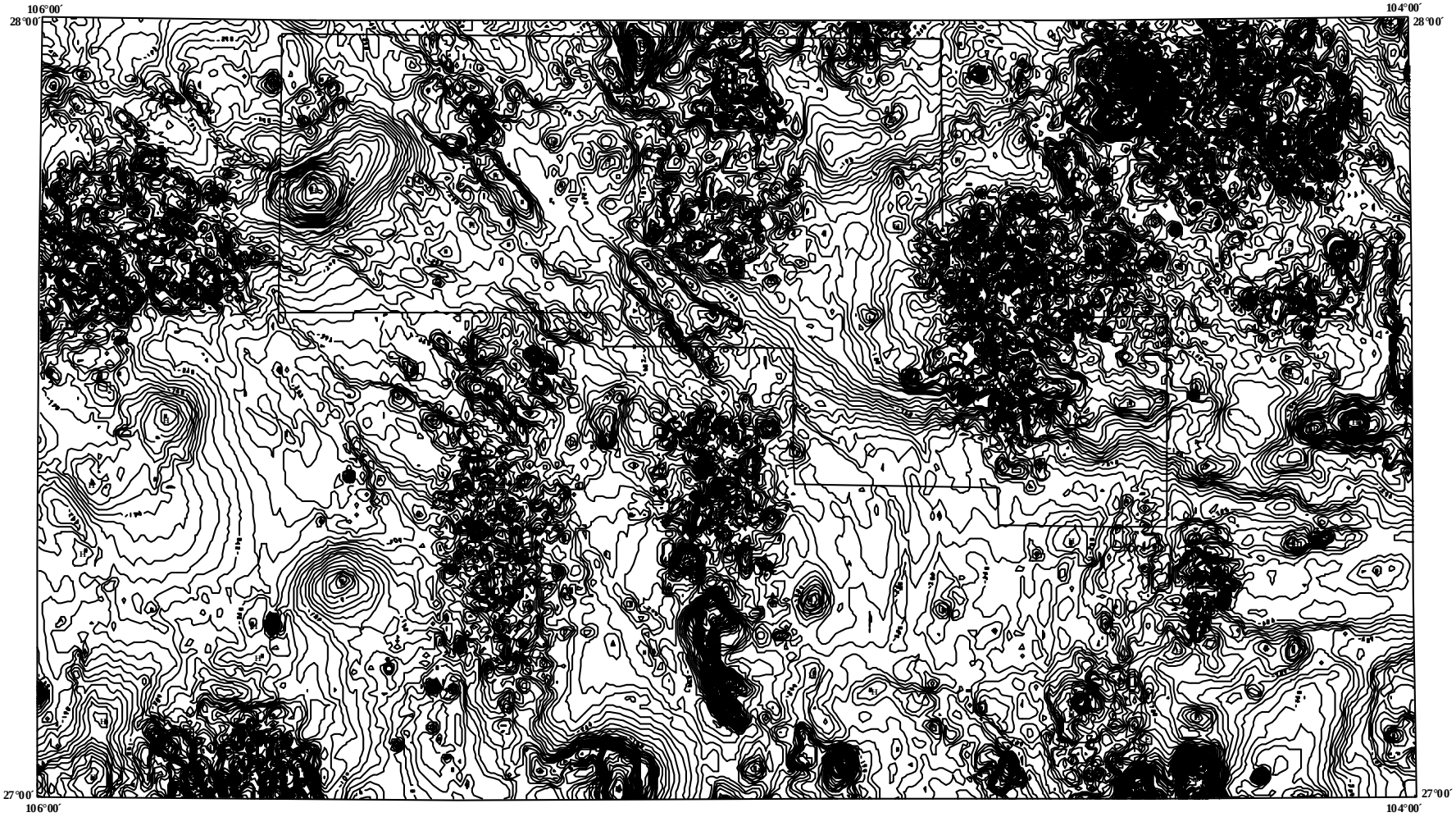
ESCALA GRÁFICA

0 10 20 30 40 50

KILÓMETROS

CIUDAD CAMARGO G13 - 2

FIGURA 2.- Interpretación de la Carta Magnética de Campo Total



Escala Gráfica

0 5 10 20 30

Kilómetros

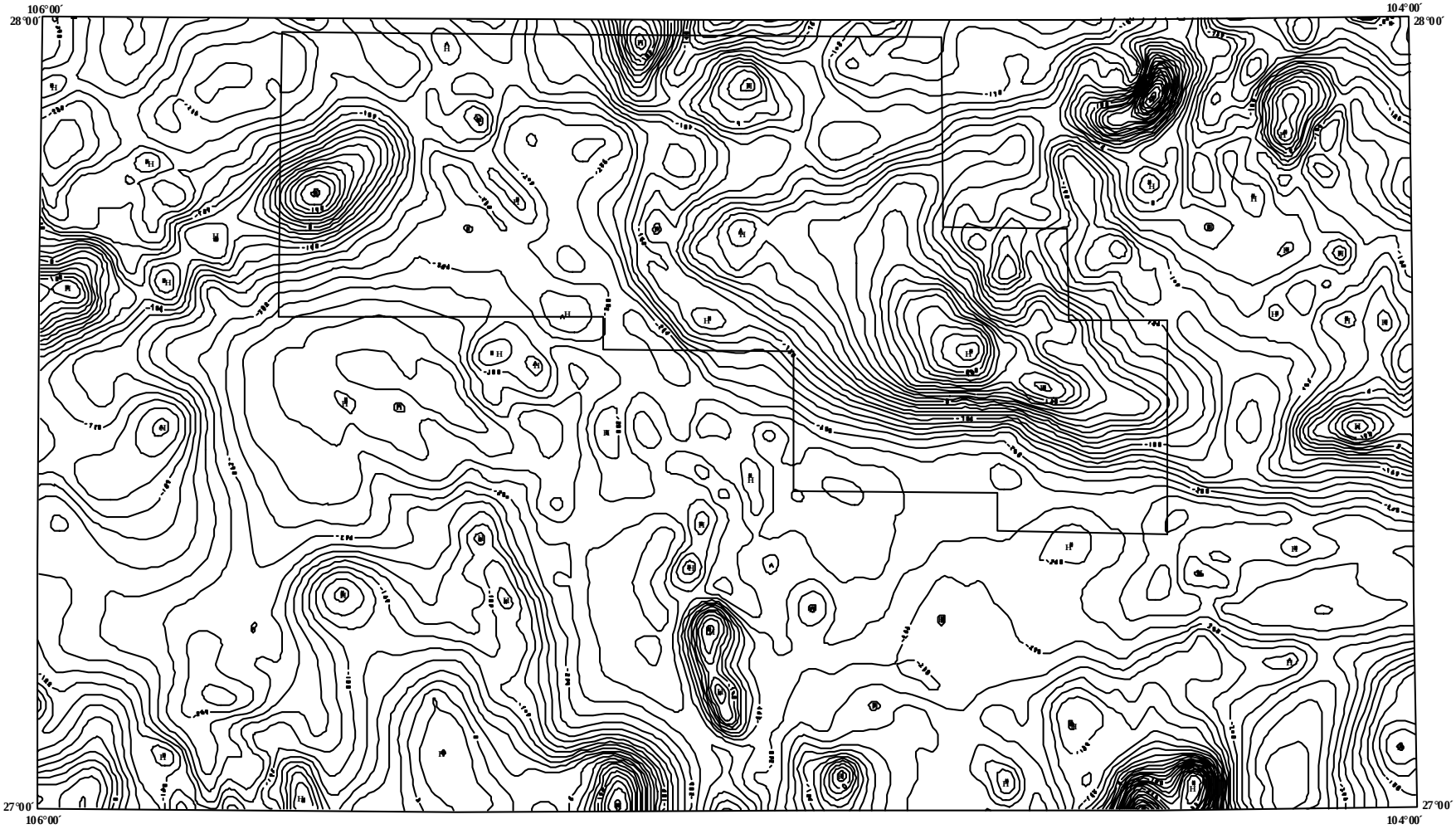
CURVAS DE CONTORNO CADA 20 nT.

ALTO MAGNÉTICO (H)

BAJO MAGNÉTICO (L)

FIGURA 3.- Reducción al polo del Campo Magnético total

CIUDAD CAMARGO G13 - 2



CURVAS DE CONTORNO CADA 20 nT.

ALTO MAGNÉTICO (H)

BAJO MAGNÉTICO (L)

Escala Gráfica

0 5 10 20 30

Kilómetros

FIGURA 4.- Reducción al polo y Continuación Ascendente del campo Magnético a 2000 m. Sobre el Nivel del Terreno.

CIUDAD CAMARGO G13 - 2