CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA

CARTA MAGNÉTICA
"GUACHOCHI" G-13-4

ESCALA 1:250,000

POR: Ings. Raucel Pascacio Toledo
Julio Vélez López
Israel Hernández Pérez

MÉXICO, 2000.

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- *Editado por el Consejo de Recursos Minerales Primera Edición 2000.* *© Derechos Reservados.*

ÍNDICE

RESUMEN

Página

IINTRODUCCIÓN 1

I.-INFORMACION AEROMAGNÉTICA 1

I.1.-Fuentes de información 1

I.2.-Parámetros y equipo utilizado en los levantamientos..... 1

I.3.-Procesamiento de Datos 2

I.3.1.-Integración de la Información magnética 2

I.3.2.-Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético 2

I.3.3.-Generación del Mapa..... 2

I.3.4.-Graficación..... 2

I.4.- Características de la carta magnética..... 2

II.-SÍNTESIS GEOLÓGICA..... 2

III.-DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN 6

III.1.-Dominios Magnéticos..... 6

III.1.1.-dominio magnético A_1 6

III.1.2.-dominio magnético A_2 7

III.1.3.-Dominio magnético B_1 7

III.1.4.-Dominio magnético B_2 7

III.1.5.-Dominio magnético C..... 8

III.2.-Lineamientos Magnéticos 9

III.3.-Procesos Analíticos Realizados..... 9

III.3.1.-Mapa de estructuras profundas 9

III.3.2.-Mapa de estructuras superficiales 9

III.4.-ZONAS PROSPECTIVAS..... 10

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 10

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.-Mapa de localización.....entre 2 y 3

Figura 2.-Interpretación Magnética Litoestructural.....entre 6 y 7

Figura 3.-Mapa de Estructuras Profundas
Filtro Pasabajas del CMT Reducido al Polo.....entre 9 y 10

Figura 4.-Mapa de Estructuras Superficiales
Primera Derivada Vertical del CMT
Reducido al Polo .....entre 9 y 10

Figura 5.-Zonas prospectivas a partir de
Interpretación Magnética Litoestructural.....entre 9 y 10

RESUMEN

El Consejo de Recursos Minerales, realiza el programa de infraestructura geológico-minera dentro del cual se llevó a cabo el cubrimiento aeromagnético sistemático de las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional, con el objeto de proporcionar al usuario la información que permita estudiar en forma indirecta las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo que conlleven a seleccionar zonas prospectivas, en la búsqueda de nuevos depósitos de yacimientos minerales.

La carta magnética Guachochi G13-4 a escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, se localiza en la porción sur del estado de Chihuahua, comprendiendo parte de los estados de Sinaloa y Durango y abarca una superficie de 22,100 Km^2.

Los datos aeromagnéticos fueron obtenidos de los levantamientos realizados por el Consejo de Recursos Minerales durante el año de 1999, en vuelos de contorno a 300 m de altura promedio sobre la superficie del terreno, con líneas de exploración de rumbo N-S, separación de 1,000 m, y navegación electrónica (GPS).

En el año de 1999 el Consejo de Recursos Minerales publicó la carta Geológico-Minera y Geoquímica Guachochi elaborada por los ingenieros: Librado, F.J., Salazar, R.R., Miranda, H.A., Maldonado, S.J., De Jesús, T.T., y Dr. Pierre, P.J. (BGRM). En ella se establece que las rocas mas antiguas se localizan en la porción surponiente de la carta, pertenecen a dos complejos metamórficos, el primero está constituido por gneises cuarzofeldespático y anfibolíticos de probable edad Cámbrico y el segundo Complejo metamórfico San José de Gracia, está constituido por filitas, metacalizas y cuarcitas con un rango de edad del Ordovícico al Pérmico. La Secuencia San Francísco, de edad Cretácico Inferior aflora en la porción poniente de la carta y sobreyace en forma discordante a las rocas mas antiguas, está constituida por andesitas, tobas brechoides, conglomerados, limolitas y sedimentos volcanoclásticos.

En la porción oriental aflora la Formación Mezcalera (lutitas y areniscas) del Cretácico Inferior, en el extremo norponiente de la carta aflora la Formación Batopilas del Cretácico Superior(?) constituida por andesitas dacitas y conglomerados e intrusionados por plutones granodioríticos-dioríticos cretácicos y terciarios. En discordancia erosional sobre las unidades mesozoicas, afloran depositos terciarios que conforman la Sierra Madre Occidental y ocupan el 85% del área de la carta.

La base de la Sierra Madre Occidental está constituida por el Complejo Volcánico Inferior de edad Paleoceno-Eoceno que incluye andesitas, tobas andesíticas, ignimbritas y tobas riolíticas; lo sobreyace discordantemente el Supergrupo Volcánico Superior que consiste de ignimbritas, tobas riolíticas, derrames riolíticos y piroclásticos de edad Oligoceno. Las rocas volcánicas terciarias están intrusionadas por plutones dioríticos. En la superficie que cubre la carta existe mineralizacion polimetálica principalmente de los tipos veta y stockwork (zonas mineras de San Julián , Guadalupe y Calvo, San Juán Nepomuceno y los distritos mineros de San José de Gracia y Morelos).

Los datos del levantamiento se presentan en la carta magnética como curvas de contorno de isovalores del campo magnético total corregido por IGRF, indicando su intensidad en la escala de color.

En la interpretación cualitativa de carácter regional se definieron 5 grupos de dominios magnéticos (A_1, A_2, B_1, B_2 y C) que indican la distribución en el subsuelo de las principales unidades geológicas, así como varios lineamientos magnéticos que reflejan las principales fallas de origen profundo.

Como resultado de la interpretación se proponen 3 zonas prospectivas por mineralización polimetálica y preciosa las cuales se asocian con los dominios A_1 y A_2, así como con los lineamientos magnéticos detectados.

La primera zona prospectiva interpretada se localiza en la porción central de la carta, dentro de un ambiente de rocas volcánicas terciarias intrusionadas por un cuerpo magnético (dominio $A_{2\text{-}2}$); que se interpreta como la respuesta de un intrusivo sepultado por rocas volcánicas, se encuentra asociado con mineralizaron polimetálica y preciosa tipo veta de Au, Ag y Pb. Es de interés la exploración en toda la periferia del dominio magnético $A_{2\text{-}2}$ interpretado en el subsuelo, con el propósito de localizar nuevas áreas mineralizadas o la continuación de las ya conocidas en la zona minera de Baborigame localizada al sur de este dominio $A_{2\text{-}2}$.

La segunda zona prospectiva interpretada se localiza en la porción norponiente de la carta, se ubica dentro del ambiente volcánico de la Sierra Madre Occidental (Complejo Volcánico Inferior), intrusionado por cuerpos magnéticos (dominios $A_{1\text{-}2}$, $A_{1\text{-}3}$ y $A_{2\text{-}3}$), interpretados como las respuestas de cuerpos intrusivos emplazados en el subsuelo. Se asocia con la mineralización de Au y Ag tipo veta ubicada al norte de esta zona (distrito minero Batopilas, estado de Chihuahua). Es de interés la exploración en el subsuelo en toda la periferia de estos dominios magnéticos $A_{1\text{-}2}$ $A_{1\text{-}3}$ y $A_{2\text{-}3}$ interpretados, así como las intersecciones de los lineamientos magnéticos NW-SE y NE-SW.

La tercer zona prospectiva se localiza en la porción nororiente de la carta, está definida por un dominio magnético $A_{1\text{-}1}$, que corresponde a la respuesta de un cuerpo intrusivo emplazado a profundidad sepultado por las rocas volcánicas terciarias, se interpreta como la extensión en el subsuelo del intrusivo diorítico que aflora al sur de este dominio $A_{1\text{-}1}$. Se recomienda la exploración en todo el límite marginal interpretado para conocer su potencial económico; ya que existen evidencias de mineralización tipo veta de Ag, Pb, Zn y Ba emplazados en ignimbritas y tobas riolíticas (Zona Minera de Baquiriachi).

INTRODUCCIÓN

La dificultad cada vez mayor para la localización de yacimientos minerales ocultos en el subsuelo, hace necesario el empleo de 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 de exploración que conduzcan a encontrar nuevos yacimientos minerales de rendimiento económico.

El Consejo de Recursos Minerales, tiene entre sus funciones, la misión de elaborar cartas geofísicas aeromagnéticas de las zonas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética Guachochi G13-4, 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 información magnética contenida en la carta Guachochi G13-4, escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, comprende una superficie de 22 100 Km^2 y se ubica en la porción sur del estado de Chihuahua, abarcando parte de los estados de Sinaloa y Durango (Figura 1).

En la interpretación cualitativa de la presente carta, se lograron definir a nivel regional las expresiones magnéticas más evidentes como son: la distribución y configuración de las rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias, así como contactos litológicos ocultos y zonas de falla profundas.

I.- INFORMACIÓN AEROMAGNÉTICA

I.1 Fuentes de Información

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1999. Los datos del levantamiento se procesó directamente de la grabación digital del equipo aerogeofísico.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de la carta topográfica del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1981).

I.2.- Parámetros y Equipo Utilizados en el Levantamiento

Durante el año 1999 se efectuó el levantamiento aeromagnético de contorno, con altura promedio sobre el terreno de 300m, en líneas de rumbo N-S y separación de 1,000m. El posicionamiento de las 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 con un avión bimotor Islander BN.2B-27, utilizando un sensor magnético fijo de vapor de cesio marca Scintrex CS-2 con sensibilidad de 0.001 nT. y como estación base el magnétometro portátil Gem System GSM-19, efecto Over0hauser con sensibilidad de 0.01 nT.

El personal que participó en el levantamiento aeromagnético, así como en el procesado de la carta magnética es:

- Ing. Jorge Hernández López.
- Ing. Sergio Jáuregui Albarran
- Cap. Carlos Morales Mendoza.
- Cap. Oscar Ladrón de Guevara.
- Cap. Edgar Mosqueda Collazo.
- Cap. Gerardo Vega García.
- Operador Víctor M. Lara Rostro.
- Operador Ing. Guillermo Guzmán A.
- Mec. Jesús Martínez
- Mec. Jaime Guerrero Torres.
- Mec. Delfino Canseco Vega.

- Mec. Marco Antonio Flores
- Procesador Luis Monrroy Chávez

I.3.- Procesamiento de Datos

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

I.3.1.-Integración de la Información Magnética

Los datos del vuelo aeromagnético se procesaron e integraron mediante el software Geosoft, generándose una rejilla de datos con un tamaño de celda de 200 x 200 m.
Los procesos que se aplicaron a la información magnética consistieron en corrección por variación diurna, lineas de control, corrección por movimiento del avión (compensación magnética) y micronivelación.
El equipo de cómputo empleado fue una PC marca Dell con procesador Pentium II, disco duro de 6 Gb, 128 Mb de memoria Ram y velocidad de 400 Mhz.

I.3.2.- Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético.

Según los datos del observatorio de Teoloyucan, México, obtenidos para el período de 1923 a 1987, el campo geomagnético de 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.

Esta corrección se realizó utilizando el valor de IGRF 95 (Campo Geomagnético de Referencia Internacional) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

Dichos modelos del IGRF han sido valorados para la República Mexicana en el período de 1990 (Campos y otros, 1994); en donde se concluye que proporcionan un campo geomagnético de referencia satisfactorio para nuestro pais.

En el caso de la carta Guachochi, a los datos aeromagnéticos se les sustrajo el valor del campo geomagnético, tomando en cuenta la posición geográfica del área, las fechas de levantamiento y la altura de vuelo.

I.3.3.- Generación del Mapa.

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta magnética se integraron en un archivo de coordenadas X,Y,Z, empleándose el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974).

La generación de curvas de contorno se realizó con el software Arc/Info empleando un regrid al tamaño de celda en la rejilla de 50 x 50m. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Ultrasparc II.

I.3.4. Graficación

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

I.4.- Características de la Carta Magnética

La edición cartográfica se efectuó con el software Arc-Info. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 60 nT, indicando los bajos magnéticos en tonos de azul y verde y los altos en tonos rojos (como se indica en el espectro de valores de la carta); con la finalidad de visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos, las curvas de contorno se graficaron a cada 20 nT.

En la base cartográfica se indican las principales carreteras, ríos y poblados. La carta está referida al sistema de coordenadas geográficas y

a la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).

En el presente texto se incluyen mapas tamaño carta y en presentación de imagen en relieve del campo magnético para realzar los elementos que se describen.

II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA.

La síntesis geológica que se presenta a continuación se tomó del resumen del texto explicativo de la carta Geológico-Minera y Geoquímica Guachochi G13-4, elaborada por los Ingenieros Librado, F.J., Salazar, R.R., Miranda, H.A., Maldonado, S.J., De Jesús, T.T., y Dr. Pierre, P.J. del BGRM. de Francia y publicada por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1999, por lo que si es necesario obtener mayor detalle de la información expuesta, se recomienda consultar directamente dicho texto en donde se ha desarrollado ampliamente la geología regional de la carta.

Las rocas más antiguas se localizan en la porción surponiente de la carta y pertenecen a dos complejos metamórficos: el primero está constituido por gneises cuarzofeldespáticos y anfibolíticos de edad posiblemente Cámbrica, con metamórfismo regional en facies de anfibolita (Carrillo, 1974). La relación estratigráfica con otras unidades no es observable en función de los afloramientos pequeños; sin embargo, se asume que es la unidad más antigua es el Complejo Metamórfico San José de Gracia, que corresponde a la unidad metasedimentaria del Paleozoico Superior está y constituido por filitas, metacalizas y cuarcitas, con un rango de edad del Ordovícico al Pérmico (Malpica, 1974).

Sobreyaciendo discordantemente o en ocasiones tectonicámente, aflora la secuencia San Francísco, de edad Cretácico Inferior está constituida por alternancia de andesitas, areniscas, conglomerados y limolitas, calizas y sedimentos volcanoclásticos; sus principales afloramientos se distribuyen en la parte oeste de la carta, dispuestos en franjas orientadas NW-SE. La secuencia manifiesta cambios laterales de facies hacia una secuencia de lutitas y areniscas, de edad Albiano(?), con bloques exóticos calcáreos con fósiles de plataforma del Cretácico Inferior (ostreas, rudistas, nerineas, chondrodontos), denominada informalmente secuencia El Naranjo.

En la porción oriente de la carta aflora, de manera restringida, una alternancia de lutitas y areniscas con intercalaciones esporádicas de calizas y lutitas delgadas, que forman parte de la Formación Mezcalera del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano). En el extremo noroeste de la carta aflora la secuencia Batopilas de edad Cretácico Superior (?), constituida por andesitas, dacitas y conglomerados, que sobreyacen en discordancia a las andesitas y areniscas del Cretácico Inferior; esta secuencia se encuentra intrusionada por plutones granodioríticos-dioríticos cretácicos y terciarios.

En discordancia erosional sobre las unidades mesozoicas, afloran depósitos terciarios que conforman la Sierra Madre Occidental y ocupan el 85% del área de la carta. A la base del Complejo Volcánico Inferior (Mc Dowell y Clabaugh, 1981) afloran andesítas y tobas andesíticas de edad Paleoceno- Eoceno, distribuidas en pequeños afloramientos discontinuos en toda la carta. En la localidad de Puerto Justo, aflora discordantemente sobre ignimbritas y tobas riolíticas así como sobre andesitas y tobas andesíticas una secuencia clástica compuesta por areniscas, conglomerados polimícticos inmaduros mal consolidados y limolitas, por su posición estratigráfica se le asigna una edad tentativa del Eoceno-Oligoceno. Su contacto inferior no se observó. Las unidades anteriores se encuentran cubiertas discordantemente por el Supergrupo Volcánico Superior, que consiste de ignimbritas, tobas riolíticas , derrames riolíticos y piroclásticos de edad Oligoceno (McDowell y Keizer, 1977).

Intercalados en esta secuencia exísten andesitas, que afloran de manera escasa en la carta. Cortando a esta secuencia afloran cuerpos de riolita fluidal, que se manifiestan en forma de

cuellos riolíticos. El espesor del Supergrupo Volcánico Superior es de aproximadamente 1700m. Sobreyaciendo discordantemente afloran derrames basálticos de edad Oligoceno 27.2 Ma (CRM-BRGM, 1998), su mejor expresión se localiza en la Mesa Guachochi en la porción norte central de la carta. Sobreyaciendo discordantemente afloran rocas de la misma secuencia constituidas por ignimbritas y tobas riolíticas del Oligoceno.

En la localidad de Baquiriachi en la parte nororiente de la carta, el Supergrupo Volcánico Superior está afectado por pequeños intrusivos dioríticos, que pueden llegar a intrusionar la base basaltos del Mioceno.

En la porción oriental de la carta en el área de Balleza afloran discordantemente conglomerados polimícticos de origen continental, presentan diferentes grados de consolidación, en algunos casos se observan como brechas sedimentarias, arenas y gravas. Intercalados y en algunas porciones coronando a esta unidad, afloran basaltos con edad de 7.1 Ma. (CRM-BRGM, 1998), ubicándolos en el Mioceno.

Finalmente como producto de la erosión de las unidades antes descritas, se tiene sedimentos clásticos del Cuaternario constituidos por gravas, arenas y limos depositados en los cauces de los arroyos principales.

Las estructuras en las secuencias cretácicas se manifiestan como producto de esfuerzos compresivos predominantes NE-SW, con desarrollo de pliegues sinesquistosos. El análisis de roseta en fallas y fracturas en rocas terciarias reflejan un esfuerzo en dirección NW-SE. El Supergrupo Volcánico Superior se caracteriza por la deformación frágil, que se manifiesta por una tendencia general de fallas y fracturas en dirección NW-SE y NE-SW.

El gneis representa un evento tectono-magmático multifacético del cual se desconocen sus edades y relaciones estratigráficas, sin embargo ha sido interpretado como la raíz profunda de un arco magmático antiguo. La Formación San José de Gracia, representa sedimentos asociados a magmatismo depositados al final del Carbonífero. Las secuencias cretácicas indican que se trata de depósitos de secuencia de arco y su cobertura depositada a lo largo del arco, que lenta y continuamente se levantó durante el Jurásico-Cretácico Temprano, de manera que pasan de una fosa de ante arco a condiciones someras y próximas a la emersión y que constituyen una tierra positiva al inicio de la tectónica del Cretácico Medio.

Los intrusivos se asocian al emplazamiento del Batolito de Sinaloa-Sonora durante la Orogenia Laramide y se relacionan directamente con la evolución de arco magmático activo, ocurrido durante el Cretácico al Oligoceno, debido a la convergencia de una placa oceánica contra el borde continental, cuya evolución tiene un largo período de desarrollo y por consiguiente varias etapas de magmatismo, asi como varias etapas de volcanismo.

En el Mioceno se inicia la etapa tectónica extensional que da su sello a la morfología actual denominada Provincia Sierra Madre Occidental caracterizada por una serie de fosas y pilares. Este período constituye el último paleorégimen tectónico que afecta a la región ligado a reacomodos por cese de la convergencia de placas.

En la carta, la mineralización más importante es por minerales metálicos y se presenta en los siguientes distritos y/o zonas mineralizadas.

La zona mineralizada Baquiriachi se localiza en la porción nororiente de la carta, donde afloran estructuras vetiformes con mineralización de barita y plomo, encajonadas en ignimbritas y tobas riolíticas. El mineral de ganga principal son óxidos de fierro.

La zona mineralizada San Julián se ubica en la parte suroriente de la carta, en la cual se tiene crestones de cuarzo masivo y zona de stockwork, encajonados en andesitas del Eoceno-Oligoceno. La mineralización consiste de

oro libre y teluros de plata principalmente; los minerales de ganga son cuarzo, pirita, hematita y limonita.

El distrito minero de Batopilas está localizado en la porción norponiente de la carta, dentro del cual se tienen zonas con fuerte alteración hidrotermal con oxidación superficial, vetas y zonas en stockwork; encajonadas en tobas y derrames andesíticos del Cretácico Superior(?). La mineralogía de mena es calcopirita, bornita, galena, esfalerita, malaquita oro nativo y teluros de plata; Los minerales de ganga son pirita, cuarzo y óxidos de fierro.

El distrito minero Morelos se localiza en la porción norponiente de la carta, donde existen cuerpos vetiformes, diseminados , stockwork y brechas encajonados en andesitas y areniscas del Cretácico Inferior e intrusivos granodiorítico-dioríticos del Eoceno. Los minerales de mena son calcopirita, bornita, malaquita y oro libre; los de ganga son pirita, arsenopirita, cuarzo, especularita y óxidos de fierro.

La zona mineralizada Potrero de Bojórquez se ubica en la parte oriental de la carta, se caracteriza por presentar estructuras tipo veta y stockworks con leyes de molibdeno y cobre, las encajonan cuerpos intrusivos de composición granodiorítica del Cretácico Superior. Los minerales de mena son scheelita, calcopirita, bornita, malaquita, azurita y molibdenita; los de ganga cuarzo pirita, calcita, epidota y hematita.

El distrito minero Guadalupe y Calvo se localiza en la porción sur de la carta, las estructuras mineralizadas del distrito son vetas con mineralización de oro, plata, cobre plomo y zinc, encajonadas en andesitas y areniscas del Cretácico Inferior. Los minerales de ganga son pirita, cuarzo y óxidos de fierro; los minerales de mena no se observan.

El distrito minero San José de Gracia se localiza en la esquina surponiente de la carta, contiene vetas con mineralización de oro y plata con valores de cobre, encajonados en andesitas y areniscas del Cretácico Inferior y pizarras carbonosas de la unidad metasedimentaria del Paleozoico. Los minerales de mena son malaquita y calcopirita; los minerales de ganga son cuarzo, pirita, hematita y limonita.

La zona mineralizada Baborígame se localiza en la parte centro surponiente de la carta, las estructuras existentes son vetas, mantos y stockworks con mineralización de oro, plata y cobre encajonados en derrames andesíticos del Cretácico Inferior; los minerales de mena no se determinaron; entre los de ganga se reconocen al cuarzo, hematita y limonita. Las alteraciones consisten de silicificación, oxidación, cloritización y epidotización.

La zona mineralizada San Juán Nepomuceno se localiza en la porción surponiente de la carta, las estructuras que existen son vetas polimetálicas (Au, Cu, Ag, Pb y Zn) a las que se asocián la oxidación, silicificación , cloritización y epidotización; se encajonan en la secuencia andesítica del Cretácico Inferior. Las alteraciones más notables se observan en las rocas del intrusivo Nepomuceno. La mineralogía de mena corresponde a galena, calcopirita, bornita y esfalerita; como minerales de ganga, pirita, arsenopirita, calcita, cuarzo, clorita, epidota y limonita.

Las condiciones geológico-estructurales de la región surponiente de la carta, permiten considerar como áreas prospectivas a las zonas de Guadalupe y Calvo, San José de Gracia y Morelos, donde las estructuras mineralizadas se emplazan en la secuencia de andesitas y areniscas (San Francisco) del Cretácico Inferior; sin embargo con los trabajos de prospección realizados en esta carta se contempla la posibilidad de encontrar mineralización diseminada de cobre y oro en las andesitas y calizas de esta secuencia.

En este mismo ambiente geológico existen manifestaciones importantes de mineralización en la región de San Juán Nepomuceno y Baborígame, ya que se asocia a cuerpos intrusivos de composición granodiorítica del Eoceno. Es importante considerar la presencia

de los intrusivos del Cretácico Superior, ya que a ellos también se asocia mineralización importante de cobre y molibdeno, como es el caso de Potrero de Bojórquez.

Dentro del Supergrupo Volcánico Superior se tiene manifestaciones de mineralización metálica en los eventos volcánicos que la afectan y que se emplazan en forma de cuellos riolíticos, por lo que la prospección en estas áreas por mineralización de alta temperatura es importante, dado que la secuencia riolítica se extiende en más del 70% de la carta. El control estructural es importante, ya que las estructuras orientadas NW-SE que afectan a la secuencia, sirven de conductos para el emplazamiento de riolitas fluidales que presentan evidencias de mineralización de oro y plata.

Por otra parte es importante considerar la posible presencia de yacimientos no metálicos como canteras o zonas de zeolitas, asociados a la secuencia de tobas riolíticas e ignimbritas, dada su amplia cobertura en la carta.

III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL.

La información aeromagnética contenida en la presente carta, tiene alcance de carácter regional debido a la escala del mapa, donde es posible la interpretación indirecta de rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución y naturaleza de rocas ocultas, tales como: intrusivos, rocas sedimentarias, metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales, rasgos obtenidos con base en el contraste de susceptibilidad magnética de los minerales del subsuelo 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 un análisis mas profundo, de acuerdo con el objetivo y el uso de información.

Para obtener información con mas detalle, en áreas específicas de interés seleccionadas en esta carta, es necesario llevar a cabo una interpretación cuantitativa realizando cálculos y modelados que proporcionen datos de profundidad a la cima de los cuerpos magnéticos y espesores de las unidades mas importantes en mapas de escalas 1:50 000 o 1:20 000, donde se seleccionarán sucesivamente áreas mas reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos geoquímicos y geofísicos a detalle.

III.1.- Dominios Magnéticos

En la carta magnética de campo total Guachochi G13-4, se identificaron cinco grupos de dominios magnéticos indicados con las letras A_1, A_2, B_1, B_2 y C que se diferencián en base a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

III.1.1.- Dominio Magnético A_1

Este dominio A_1 se atribuye a la respuesta de rocas intrusivas de composición félsica a intermedia, se caracterizan por manifestarse como respuestas monopolares, de suave gradiente y baja intensidad que varían de -140 a +220 nT.

Se definieron 3 dominios magnéticos A_1 (A_{1-1}, A_{1-2} y A_{1-3}), localizados en las porciones nororiente y norponiente de la carta.

El dominio magnético A_{1-1} se localiza en la porción nororiente de la carta, está definido como una anomalía monopolar de baja intensidad y forma alargada, que se atribuye a un cuerpo intrusivo de posible composición diorítica sepultado por rocas volcánicas terciarias, parece ser que este cuerpo interpretado, podría

corresponder a la continuación a profundidad de los afloramientos dioríticos ubicados al sur de este dominio A_{1-1}.

Los dominios magnéticos A_{1-2} y A_{1-3} se encuentran muy próximos y se localizan en la porción norponiente, están definidos como anomalias monopolares de baja intensidad y de forma circular, se atribuyen a cuerpos intrusivos sepultados por rocas volcánicas terciarias, que han provocado levantamientos estructurales, delimitados por fallas de rumbo NW-SE, donde se observan evidencias de mineralización argentífera tipo veta, emplazada en las rocas volcánicas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior y constituye la posible continuación del distrito de Batopilas , ubicado al noroeste de estos dominios magnéticos A_{1-2} y A_{1-3}.

III.1.2.- Dominio Magnético A_2.

El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y se caracterizan por presentar anomalías monopolares y dipolares bien definidas con intensidad de -300 a 640 nT.

Se ha detectado un total de 4 dominios magnéticos A_2 (A_{2-1}, A_{2-2}, A_{2-3} y A_{2-4}).

El dominio magnético A_{2-1}, se localiza en el extremo nororiente de la carta, está representado por una anomalía monopolar y de suave gradiente, respuesta que se atribuye a un cuerpo intrusivo de posible composición granítica-diorítica, que subyace a las rocas volcánicas terciarias de composición andesítica y riolítica que se ubica al N-NE de el lineamiento de rumbo NW-SE. No se presentan evidencias de mineralización.

El dominio magnético A_{2-2} localizado en la porción central, está definido por una anomalía dipolar de moderada intensidad con eje dipolar N-S, se interpretó como la respuesta de un cuerpo intrusivo parcialmente sepultado por rocas volcánicas terciarias (andesitas y riolitas) y se correlaciona con un afloramiento de intrusivo diorítico de edad terciaria.

El dominio magnético A_{2-3} es de gran extensión, se localiza en el extremo norponiente, está definido por anomalías monopolares de alto gradiente que se extienden unos 20 Km con rumbo general E-W, se encuentra asociado a los lineamientos NW-SE, las respuestas magnéticas se atribuyen a cuerpos intrusivos parcialmente sepultados por la secuencia Batopilas del Cretácico Superior (andesitas , dacitas y conglomerados).existen abundantes evidencias de mineralización polimetálica, y constituyen la posible continuación del distrito Batopilas, localizado al norte de este dominio A_{2-3}.

El dominio magnético A_{2-4} se localiza en la porción sur, está definido por una anomalía monopolar de alta intensidad, por su forma se interpreta como la respuesta de un intrusivo en forma de tronco, que en superficie se correlaciona parcialmente con un afloramiento de intrusivo granodiorítico, también se encuentra sepultado por rocas sedimentarias (lutitas y areniscas del Cretácico Superior) y por pequeños afloramientos de rocas volcánicas terciarias. No se observaron evidencias de mineralizacion

III.1.3.- Dominio Magnético B_1.

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, se caracteriza por altos y bajos con tendencias magnéticas irregulares e intensidades que varían de -600 a +40 nT .

Este dominio magnético B_1 cubre grandes extensiones de la porción oriental de la carta. Se interpretan como las respuestas del Supergrupo Volcánico Superior constituido por riolitas, ignimbritas, tobas riolíticas, andesitas y conglomerado polimíctico.

Dentro de este amplio dominio magnético B_1, se definieron zonas de altos y bajos gradientes con dirección NE-SW, que se interpretan como la configuracion del basamento magnético el cuál se encuentra cubierto por las rocas volcánicas

terciarias; los altos y bajos magnéticos se atribuyen a bloques levantados y hundidos, ubicados en la porción nororiente de la carta.

III.1.4.- Dominio Magnético B_2

El dominio magnético B_2 se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, está representado por monopolos y dipolos magnéticos distribuidos en forma caótica que varían de -1680 a 780 nT, las anomalias tienen pequeña distancia dipolar formando zonas de altos y bajos gradientes magnéticos.

Se detectaron un total de 8 dominios magnéticos B_2, los cuales se encuentran distribuidos en toda la carta; pero predominan hacia la mitad occidental.

Los dominios magnéticos B_2 localizados en las porciones centro, oriente y norte de la carta, se interpretan como la respuesta de las rocas volcánicas altamente magnéticas, representadas por el Complejo Volcánico Inferior (andesitas y tobas andesíticas).

El dominio magnético B_2 localizado en la porción centro-poniente de la carta, está representado por una serie de altos y bajos magnéticos de forma alargada que conforman un tren con rumbo NW-SE, constituyen una franja de 125 km de largo por 60 km de ancho, anomalias que se han interpretado como la respuesta de las rocas volcánicas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior con alto contenido de magnetita, afectada por grandes intrusiones de composición granodiorítica-diorítica, que conforman grandes bloques levantados y hundidos (en forma escalonada), marginados por grandes lineamientos magnéticos, interpretados como fallas con rumbo NW-SE.

Se interpreta que el dominio B_2 integra también la respuesta magnética de centros magmáticos de composición básica, ocultos por las rocas cretácicas y terciarias.

Las respuestas definidas como altos magnéticos dentro de el dominio B_2, se correlacionan con grandes afloramientos de intrusivos graníticos, los cuales están enmascarados por las respuestas de las rocas volcánicas altamente magnéticas del Complejo Volcánico Inferior, pero no se definen como respuestas típicas, aunque sí contribuyen al efecto total de la respuesta anómala.

En la porción central de la carta, se interpreta una zona de contacto tectónico delimitado por los dominios magnéticos B_2 al poniente, representado por respuestas magnéticas altas y de gran extensión, y por el dominio magnético B_1 al oriente, el cual está representado por respuestas de menor intensidad; este contacto interpretado con rumbo NW-SE, se atribuye una zona de cizallamiento que sirvió de conducto para el emplazamiento de cuerpos intrusivos magnéticos representados por los dominios A_{2-2} y A_{2-3}.

III.1.5.- Dominio Magnético C

El dominio magnético C, está representado por una respuesta negativa de suave gradiente, presenta intensidades que varían de -300 a -80 nT. Se atribuye a rocas metasedimentarias, sedimentarias cretácicas y clásticas continentales terciarias, con pequeñas manifestaciones de rocas volcánicas interestratificadas.

Se interpretaron 2 dominios magnéticos C de diferentes dimensiones, que se localizan en la porción surponiente de la carta.

El primer dominio magnético C está representado por una respuesta magnética de baja intensidad que se atribuye al levantamiento tectónico de las rocas metamórficas del basamento, se correlaciona con el Complejo Metamórfico San José de Gracia (filitas, metacalizas y cuarcitas). Existe mineralización de tipo hidrotermal de relleno de fisuras, con minerales de Au y Ag (Epitermal) y minerales de

pirita, calcopirita, bornita, galena y esfalerita (mesotermal).

El segundo dominio magnético C, está definido por una respuesta de baja intensidad y bajo gradiente, atribuida a rocas sedimentarias Cretácicas (lutitas y areniscas), las cuales se encuentran afectadas por cuerpos intrusivos en forma de troncos de composición granodiorítica del Cretácico Superior. No existen evidencias de mineralización.

Las respuestas magnéticas definidas como dominios C se localizan en la porción surponiente de la carta están limitados hacia el norte por un lineamiento de rumbo NW-SE el cual, muy probablemente, representa el límite norte del Terreno Guerrero, en contacto con la Sierra Madre Occidental (Campa y Coney 1983).

III.2.- Lineamientos y Curvolineamientos Magnéticos

Se interpretaron 2 sistemas de lineamientos magnéticos, con rumbos NW-SE y NE-SW, localizados en las porciones centro-poniente y oriental de la carta, se interpretan como las respuestas de fallas de origen profundo, que muchas veces no son observables en superficie.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE, son predominantes y se localizan ampliamente distribuidos en la porción centro-poniente, estos lineamientos controlan el emplazamiento de grandes cuerpos intrusivos, que han llegado a formar bloques levantados en forma escalonada, que definen una franja de 125 km de largo por 60 km de ancho.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NE-SW se localizan en la porción oriental, aparentemente estos lineamientos desplazan a los de rumbo NW-SE, por lo que se interpretan que son posteriores.

Estos lineamientos magnéticos NE-SW, delimitan algunos zonas de altos y bajos magnéticos dentro del dominio B_1 que definen la morfología del basamento magnético en la región oriental de la carta.

Se detectaron 4 curvolineamientos magnéticos asociados a 3 dominios B_2, localizados en las porciones nororiente y norte de la carta, probablemente están asociados a estructuras volcánicas tipo caldera

III.3.- Procesos Analíticos Realizados

Con el propósito de realzar la información contenida en el mapa de Campo Magnético Total (CMT), se aplicaron 3 procesos analíticos a los datos aeromagnéticos, estos procesos consistieron en: Reducción al polo, con aplicación del filtro pasabajas y el de primera derivada vertical; a partir de los cuales se generaron los siguientes mapas:

III.3.1.- Mapa de Estructuras Profundas.

Se generó al aplicar un filtro pasabajas al Campo Magnético Total (CMT) reducido al polo, considerando una frecuencia de corte de 0.05 ciclos/km

En este mapa se han eliminado las respuestas de alta frecuencia que son producidas por fuentes magnéticas cercanas a la superficie, lo que permite visualizar la señal correspondiente a las bajas frecuencias, que son típicamente atribuidas a estructuras y cuerpos intrusivos profundos; por lo que es posible identificar levantamientos, depresiones y fallamientos del basamento magnético (Figura 3).

III.3.2.- Mapa de Estructuras Superficiales.

Este mapa es el resultado de haber aplicado un filtro de primera derivada vertical, al campo magnético total (CMT) reducido al polo (Figura 4).
En este mapa se resaltan los efectos locales producto de las fuentes magnéticas cercanas a la superficie, que se correlacionan con las

respuestas de altas frecuencias, con lo que es posible definir los rasgos litoestructurales mas superficiales; como son estructuras asociadas a eventos volcánicos y toda la cubierta superficial donde se tienen lineamientos y curvolineamientos de estructuras someras.

III.4.- Zonas Prospectivas.

Basados en la interpretación aeromagnética, se seleccionaron 3 zonas prospectivas definidas a partir de la presencia de los dominios magnéticos A_1 y A_2 que fueron interpretados como la respuesta producida por cuerpos intrusivos que pueden estar aflorando parcialmente. Por la asociación de la mineralización metálica con los cuerpos intrusivos y las rocas volcánicas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior, estos resultan ser de gran interés (Figura 5).

La primera zona prospectiva está definida por el dominio magnético A_{2-2}, se localiza en la porción central de la carta, está delimitada por los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE, la respuesta que se asocia a un cuerpo intrusivo que aflora parcialmente, está mayormente sepultado por rocas volcánicas terciarias, existen evidencias de mineralización tipo veta de Au, Ag y Pb a 10 km al sur de esta zona, en la región minera de Baborigame, dentro de un ambiente volcánico. Es de interés la exploración en toda las zonas representadas por altos magnéticos y la zona márginal del intrusivo interpretado con geofísica.

La segunda zona prospectiva se localiza en la porción norponiente, está definida por los dominios magnéticos A_{1-2}, A_{1-3} y A_{2-3}, atribuibles a cuerpos intrusivos que se extienden en el subsuelo y que pueden estar asociados con mineralización, están emplazados a lo largo de los lineamientos magnéticos NW-SE. Existe mineralización de Au y Ag tipo veta en el distrito de Batopilas, localizado en el límite norte de esta zona; asi como mineralización de Au, Ag y Pb dentro del distrito minero de Morelos, ubicado al sur de esta área, por lo que es de interés la exploración en toda la zona marginal de los dominios interpretados.

La tercera zona prospectiva se localiza en la porción nororiente de la carta, está definida por el dominio magnético A_{1-1}, que se interpreta como la continuación en el subsuelo de los cuerpos intrusivos de composición diorítica que afloran al sur de este dominio, y constituyen zonas levantadas producidas por los cuerpos intrusivos. Existe mineralización en forma de vetas de Ag, Pb, Zn y Ba encajonadas en rocas volcánicas terciarias, pertenecientes a la zona minera de Baquiriachi; por lo que se considera de interés la exploración en el subsuelo dentro y en la periferia del dominio A_{1-1}, con el propósito de verificar su potencial económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

Campos, E.J.O., Hernández, Q.E., Nolasco, Ch.H., Orozco, T.A.,Cañón, A.C., Alvarez, G.G. y Urrutia, F.J. 1994. A prelimitary assessment of the IGRF-1990 for Mexico:Physics of the earth and planetary interiors, 82. Elsevier Science B.V., p. 105-111.

Consejo de Recursos Minerales (CRM), 1994. Monografía geológico-minera del estado de Chihuahua, Publicación M-14e SEMIP, 297p.

Consejo de Recursos Minerales (CRM), 1993. Monografía geológico-minera del estado de Durango, Publicación M-10e SEMIP,204p.

Consejo de Recursos Minerales (CRM), 1991. Monografía geológico-minera del estado de Sinaloa Publicación M- 1e SEMIP, 159p.

IAGA Division V. Working Group 8 (R. A. Langel, Chairman), 1982. International Geomagnetic Reference Field. Revision 1991: Geophysics, v. 57, No. 7, p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1981. Carta Topográfica Guachochi G13-4 escala 1:250 000, primera Impresión.

Malpica C. R., 1974. Rocas marinas del Paleozoico Tardío en el área de San José de Gracia, Sinaloa. Sociedad Geológica Mexicana, II Convención Nacional, Libro de Resumenes, p. 174-175.

McDowell, F.W. and Keizer, R.P. 1977. Timing of Mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan, Mexico. Geological Society of America. Bull., vol. 88, pp. 1479-1487.

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. of America, special paper, p.113-124.

McDowell, F.W.,Wark, D.A., and Aguirre-D. 1990. The Tertiary ignimbrite flare-up in western Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v.22, p.66.

Ortega-G., F.,Prieto-V., R., Zúñiga, y.,Flores, S., 1979. Una secuencia volcano-plutónico-sedimentaria cretácica en el norte de Sinaloa, un Complejo Ofiolítico? :Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, v.3, p.1-8.

Librado, F.J., Salazar, R.J., Miranda, H.A., Maldonado, S.G., De Jesús, T. T., Pierre, P.J. 1999. Carta Geológico-Minera Guachochi G13-7. Consejo de Recursos Minerales.

Sedlock, R.L., Ortega G. F.,and Speed, R.C., 1993. Tecnostratigraphic terrenes and tectonic evolution of Mexico. Geological Society of America, Special Paper 278-153p.

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

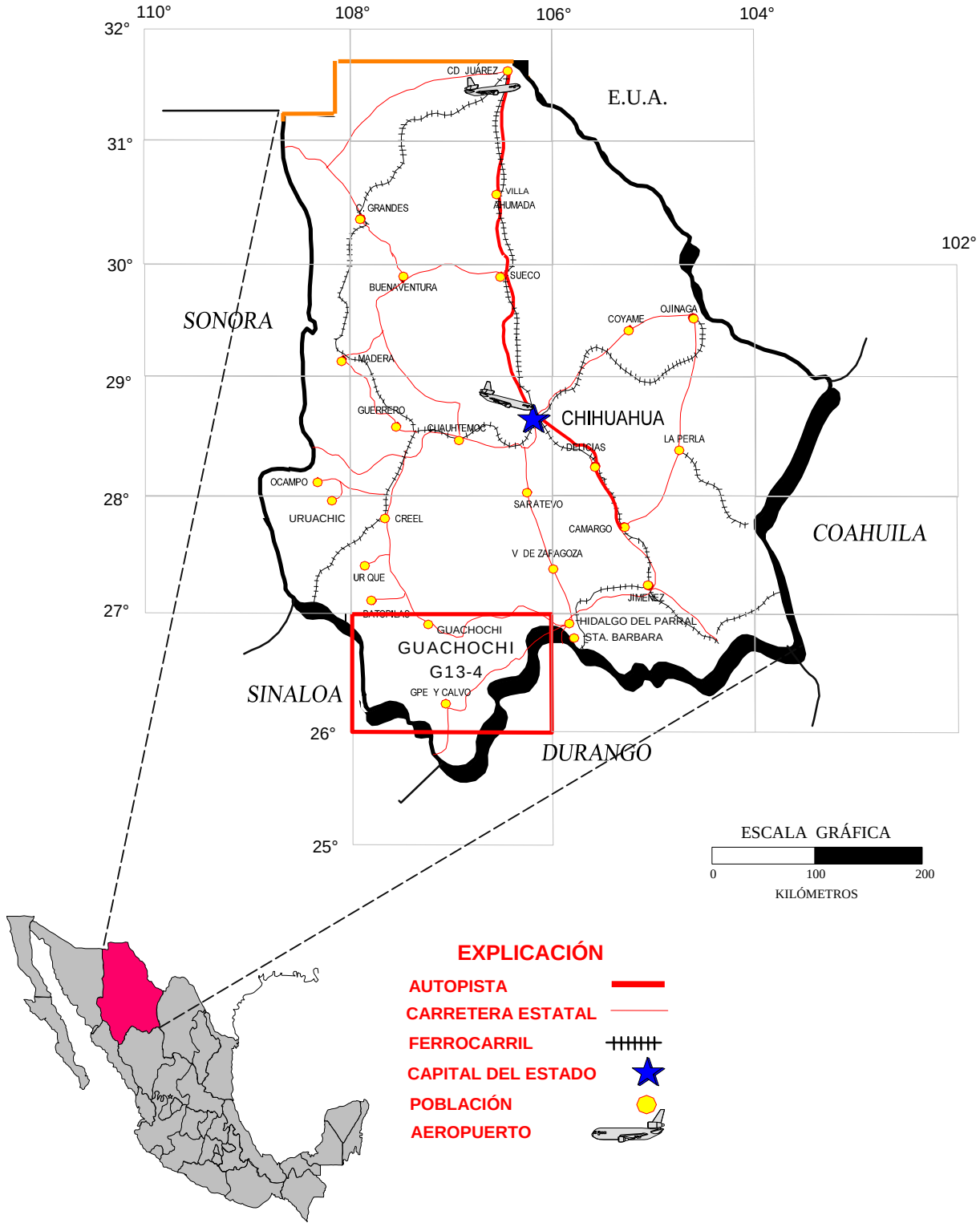
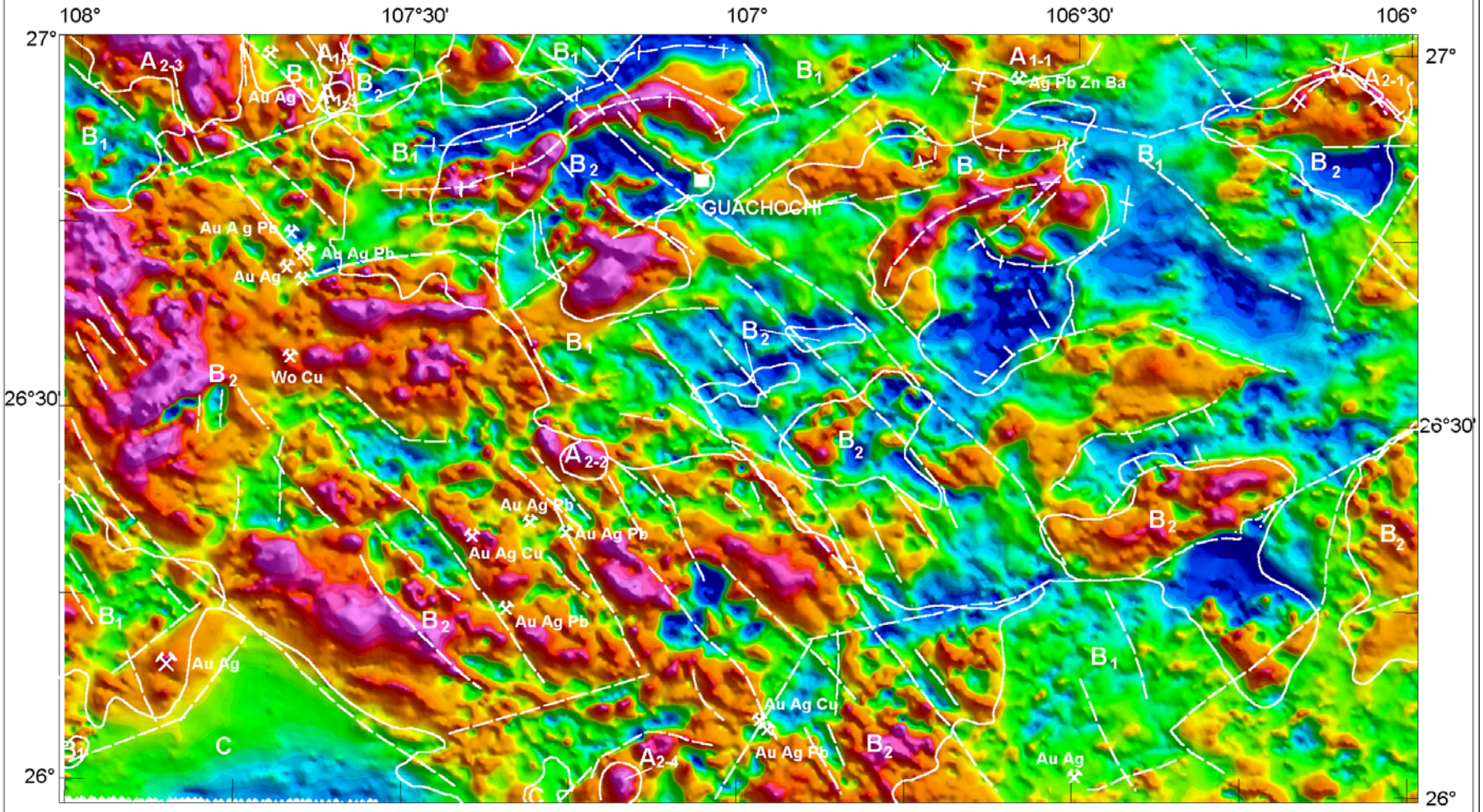


FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACIÓN



EXPLICACIÓN DE ELEMENTOS INTERPRETADOS

Límite de dominio magnético

Lineamiento magnético

Curvolineamientos magnéticos

Distrito minero y sustancias

Localidad minera y sustancias

DOMINIOS MAGNÉTICOS

A1.- Cuerpo ígneo intrusivo de composición félsica a intermedia

A2.- Cuerpo ígneo intrusivo de composición intermedia a máfica

B1.- rocas volcánicas de composición félsica a intermedia

B2.- Rocas volcánicas de composición intermedia a máfica

C.- Rocas sedimentarias, metasedimentarias y metavolcánicas

nanoteslas

-400 -300 -200 -100 0 100

Escala Gráfica

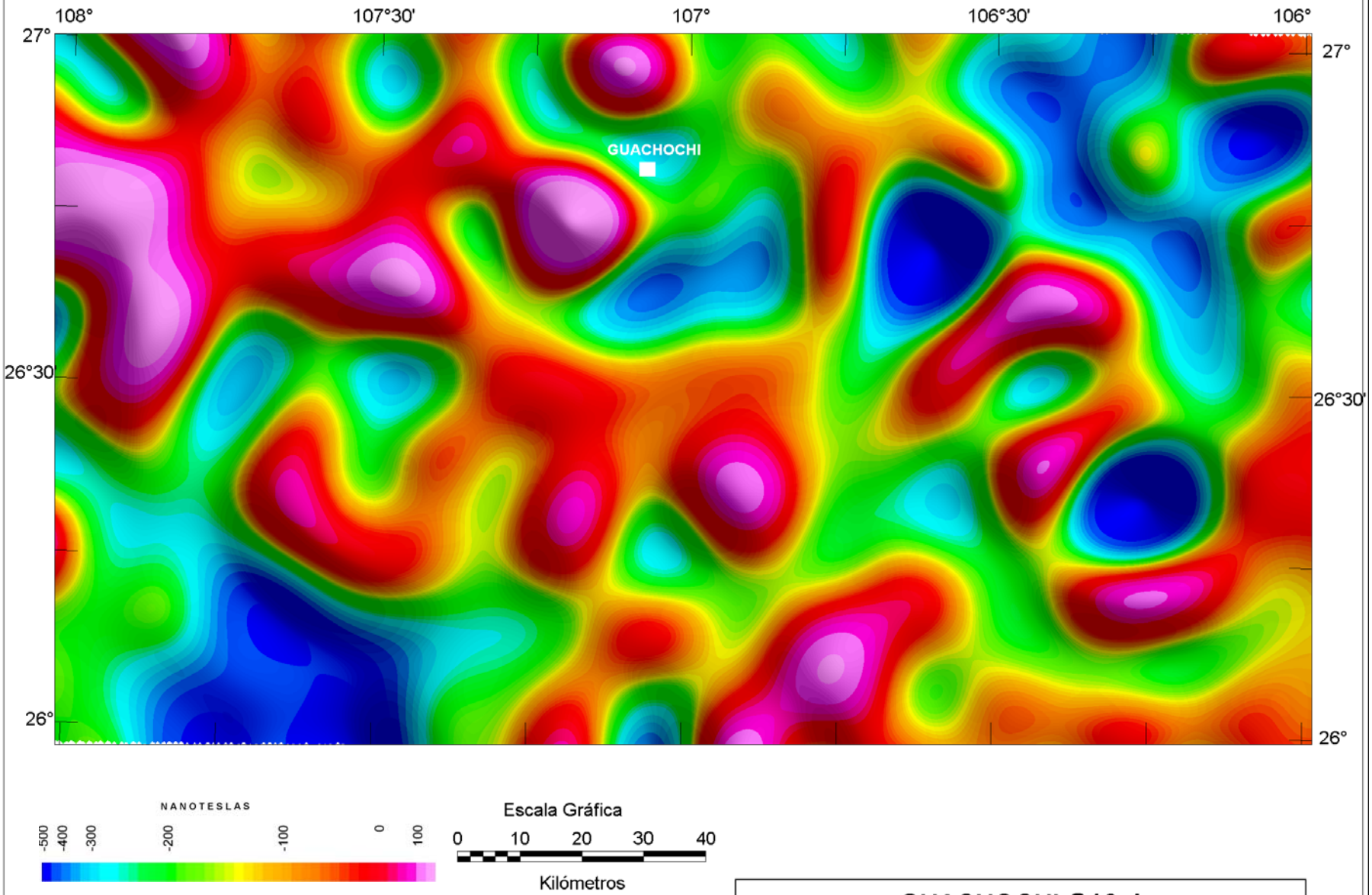
0 10 20 30 40

Nota:Distritos mineros tomados de la carta Geológico-Minera Guachochi G13-4

FIGURA 2.- INTERPRETACÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

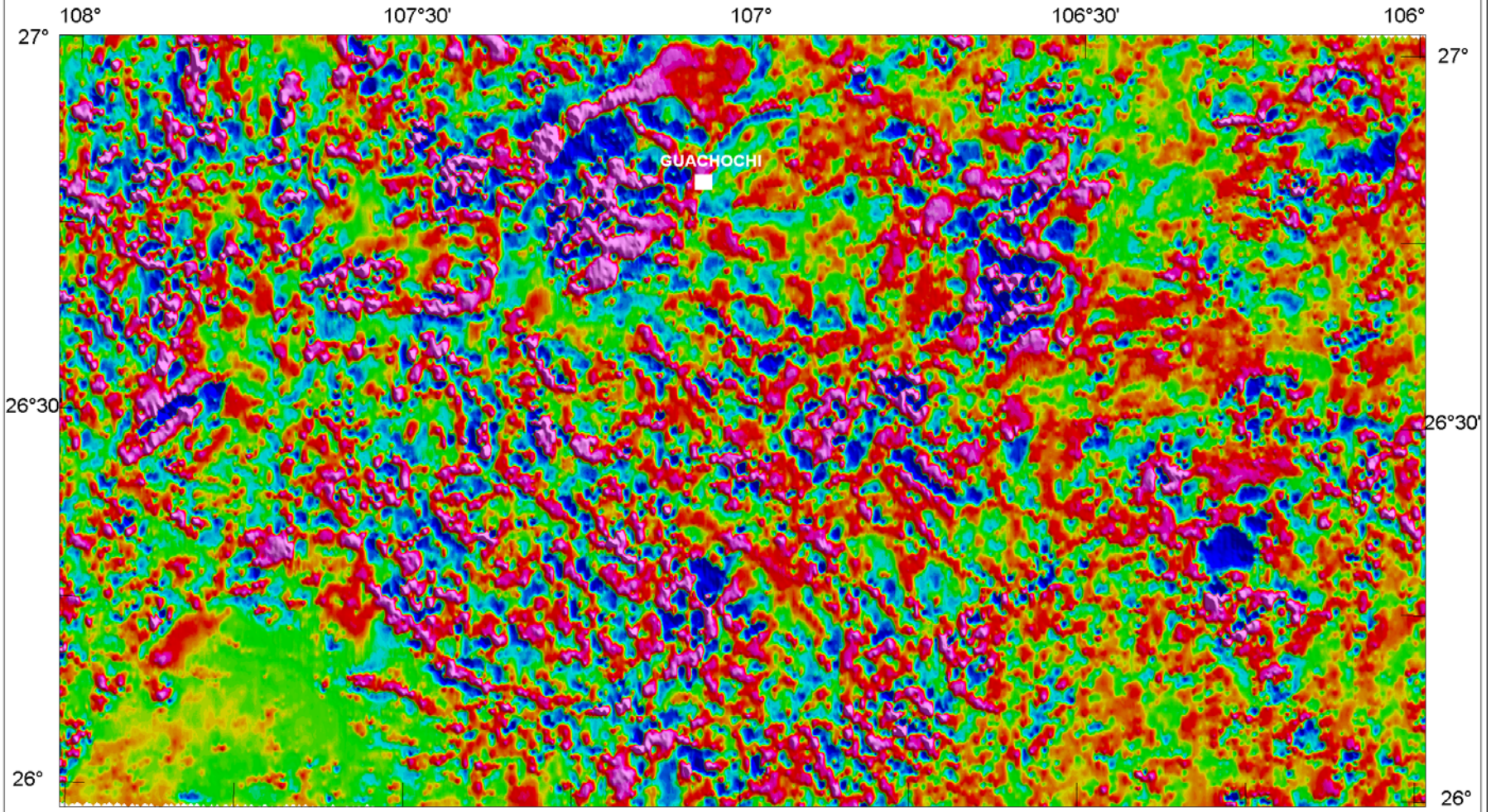
GUACHOCHI G13-4

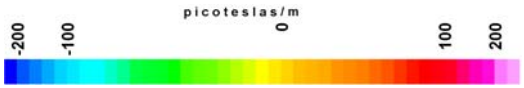
Campo Magnético Total



GUACHOCHI G13-4
Filtro pasabajas del CMT Reducido al Polo
frecuencia de corte 0.05 ciclos/Km

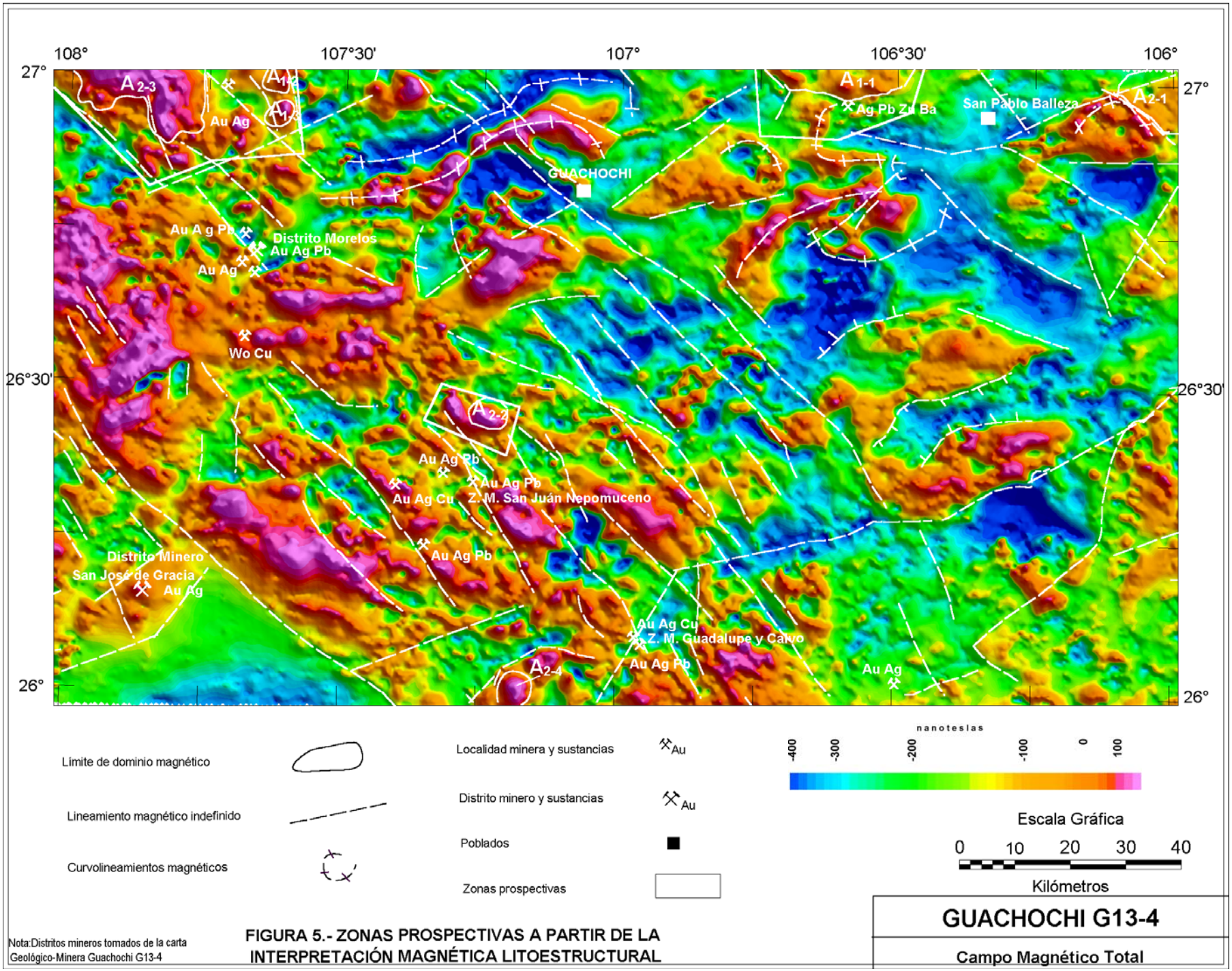
FIGURA 3.- MAPA DE ESTRUCTURAS PROFUNDAS





GUACHOCHI G13-4
PRIMERA DERIVADAVERTICAL
DEL CMT REDUCIDO AL POLO

FIGURA 4.- MAPA DE ESTRUCTURAS SUPERFICIALES



Nota:Distritos mineros tomados de la carta Geológico-Minera Guachochi G13-4

FIGURA 5.- ZONAS PROSPECTIVAS A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

GUACHOCHI G13-4

Campo Magnético Total