CONSEJO DE RECURSOS MINERALES¡Error! Marcador no definido.

TEXTO GUÍA

CARTA MAGNÉTICA "BUENAVENTURA" H-13-7

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.*

¡Error! Marcador no definido.ÍNDICE

¡Error! Marcador no definido.RESUMEN

Página¡Error! Marcador no definido.

¡Error! Marcador no definido.INTRODUCCIÓN 1

I.-INFORMACIÓN 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 3

I.4.- Características de la carta magnética 3

II.-SÍNTESIS GEOLÓGICA 3

III.-DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REEGIONAL 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 8

III.1.4.-Dominio magnético B_2 8

III.1.5.-Dominio magnético C 10

III.2.-Lineamientos Magnéticos 10

III.3.-Procesos Analíticos Realizados 11

III.3.1.-Mapa de estructuras profundas 11

III.3.2.-Mapa de Rasgos Superficiales 11

III.4.-Zonas Prospectivas 11

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 12

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

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

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

Figura 3.- Mapa de Estructuras Profundas
Filtro Pasabajas del CMT Reducido al Polo .....entre 11 y 12

Figura 4.- Mapa de Rasgos Superficiales
Primera Derivada Vertical del CMT
Reducido al Polo .....entre 11 y 12

Figura 5.- Zonas prospectivas a partir de
Interpretación Magnética Litoestructural ..... entre 11 y 12

¡Error! Marcador no definido.

¡Error! Marcador no definido. 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 Buenaventura H13-7 a escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, se localiza en la porción centro- norte del estado de Chihuahua, cubre una superficie de 23,100 Km^2.

Los datos aeromagnéticos fueron obtenidos de los levantamientos realizados por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en el año de 1980, en vuelos a 120 m de altura promedio sobre la superficie del terreno con líneas de exploración de rumbo N-S y separación de 800 m y por el Consejo de Recursos Minerales (CRM), en los años de 1997, 1998 y 1999, en vuelos de contorno a 300 m de altura promedio sobre la superficie del terreno, con líneas de exploración de rumbo N-S y separación de 1,000 m.

La estratigrafía de la carta Buenaventura H13-7 está representada por el Conglomerado polimíctico de la Formación Mojina, rocas sedimentarias, ígneas extrusivas e intrusivas, depósitos lacustres y material aluvial con edades que varian desde el Pérmico Superior(?) al Holoceno.

Las rocas más antiguas están representadas por el Conglomerado polimíctico de la Formación Mojina del Pérmico Superior (Stachin, 1910, en Cedillo y otros 1998) que constituye el basamento, sobreyacen a este basamento rocas del Cretácico Inferior, representadas por 9 formaciones sedimentarias definidas por varios autores y descritas en (Cedillo, y otros 1998) que guardan la siguiente posición de la más antigua a la más joven: Formación las Vigas (Areniscas, lutitas y limolitas), Formación Cupido (alternacia de calizas), Formación la Peña (calizas arcillosas y lutitas), Formación Tamaulipas (calizas) y la Formación Aurora constituida por calizas, todas estas unidades se localizan en la Sierra la Mojina al norte de la carta. En la porción norponiente de la carta y sobreyaciendo concordantemente a la Formación Aurora se tienen calizas arcillosas y margas de la Formación Walnut, posteriormente la Formación Edwards representada por calizas, Formación Kiamichi (lutitas y calizas) y Formación Georgetown formada por calizas.

Las rocas del Cretácico Superior que sobreyacen a la Formación Georgetown, constituyen las siguientes formaciones: Formación del Río (lutitas y calizas arcillosas), Formación Buda constituida por calizas arcillosas y el Conglomerado Pozos que marca el límite entre las rocas calcáreo arcillosas y las rocas volcánicas.

Cubriendo discordantemente a las rocas sedimentarias se tienen rocas volcánicas del Eoceno constituida por andesitas, tobas andesíticas, riolitas ignimbríticas y basaltos del Complejo Volcánico Inferior.

Los intrusivos del Eoceno representados por los apófisis graníticos que afloran en la Sierra del Nido, el pórfido monzonítico ubicado al nororiente de Buenaventura (Cerro Grande), el pórfido granítico al nororiente de la carta (Rancho los Nogales), pórfido traquítico ubicado al nororiente (Rancho Providencia) y al suroriente de la carta y cubriendo parcialmente a las rocas anteriores se tienen rocas volcánicas terciarias y material lacustre y aluvial del Reciente. Existe mineralización metálica de Pb, Zn y Au en forma de vetas en el distrito minero de Namiquipa, en el distrito minero de Peña Blanca la mineralización se presenta en forma de vetas mantos y stockwork de U y Mo, mientras que en las zonas mineralizadas de La Mojina y Terrenates, la mineralización se presenta rellenando fisuras, mantos y brechas de Mn, Ag y Pb. Según se reporta en el contexto de la Carta Geológico-minera y Geoquímica Buenaventura G13-7 a

escala 1:250 000, elaborada por los Ings. Cedillo, C.R., Hernández N.L., Torres, E.J. y Sánchez, B.G. y publicada por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1998.

Los datos de los levantamientos se presentan en la carta magnética Buenaventura H13-7 escala 1:250 000 como curvas de contorno de isovalores del campo magnético total corregido por IGRF, indicando su intensidad en contrastes de color.

En la interpretación cualitativa de carácter regional que se presenta como un mapa tamaño carta de la imagen en relieve del campo magnético; se definieron 5 grupos de dominios magnéticos (A_1, A_2, B_1, B_2 y C) que indican la distribución 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 2 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 interpretados.

La primera zona prospectiva interpretada se localiza en la porción centro-oriente de la carta, se ubica dentro de un ambiente sedimentario y cubierto parcialmente por rocas volcánicas terciarias e intrusionadas por un cuerpo magnético (dominio $A_{2\text{-}3}$) sepultado; 8 km al nororiente de la zona, existe mineralización polimetálica y preciosa tipo veta de Au y Ag en la zona mineralizada de Providencia. Es de interés la exploración en toda la periferia del dominio magnético $A_{2\text{-}3}$ interpretado en el subsuelo con el propósito de localizar nuevas áreas mineralizadas o la continuación de las ya conocidas en la zona minera Providencia en forma de vetas o tipo skarn localizada al nororiente de este dominio $A_{2\text{-}3.}$

La segunda zona prospectiva interpretada se localiza en la porción nororiente de la carta, se ubica dentro del ambiente sedimentario y volcánico de la Sierra Madre Occidental (Complejo Volcánico Inferior y Supergrupo Volcánico Superior), secuencia que se encuentra afectada por cuerpos magnéticos (dominios $A_{2\text{-}4,}$ $A_{2\text{-}5,}$ $A_{2\text{-}6}$ y $A_{2\text{-}7}$), interpretados como las respuestas de cuerpos intrusivos aflorantes y/o sepultados que se extienden en el subsuelo. Se asocia con mineralización de Au y Ag tipo veta (Zona minera Providencia, estado de Chihuahua), ubicada al suroriente de esta zona. Es de interés la exploración en el subsuelo en toda la periferia de estos dominios magnéticos $A_{2\text{-}4,}$ $A_{2\text{-}5}$, $A_{2\text{-}6}$ y $A_{2\text{-}7}$ interpretados y delimitados por los lineamientos de rumbo NW-SE.

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 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 Buenaventura H13-7, a 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 Buenaventura H13-7, escala 1:250,000 con formato cartográfico de INEGI, comprende una superficie de 23 100 Km^2 y se ubica en la porción centro-norte del estado de Chihuahua, comprende los municipios de Aldama, Buenaventura, Casas Grandes, Chihuahua, Cuauhtémoc, Galeana, Gómez Farías, Ignacio Zaragoza, Madera, Namiquipa, Riva Palacio, Temosachi y Villa Hidalgo (Figura No.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 Petróleos Mexicanos (PEMEX) en el año de 1980 y por el Consejo de Recursos Minerales los años de 1997, 1998 y 1999. Los datos del vuelo de Pemex del prospecto Las Tapias fueron entregados al CRM como información digital grabadas en cintas, mientras que el cubrimiento aeromagnético complementario de la carta Buenaventura H13-7 lo realizó el CRM, esta información 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, 1980).

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

El levantamiento aeromagnético realizado por Petróleos Mexicanos, durante el año 1980 en el prospecto Las Tapias, dentro de la carta Buenaventura, consistió en vuelos de contorno a 120m de altura promedio sobre el terreno, en líneas con rumbo N-S y separación de 800m. La identificación de las trayectorias de vuelo, se efectuó mediante el sistema de navegación Doppler Bendix DRA-12.

En esta etapa se empleó un avión Douglas DC-3, y un magnetómetro Flux Gate de campo total, marca Gulf MK-III, con sensibilidad de 0.5 nT (nanoteslas).

En los años de 1997, 1998 y 1999, los levantamientos realizados por el CRM, consistieron en vuelos de contorno a 300m de altura promedio de la superficie del terreno,

con líneas de rumbo N-S y separación de 1000m. 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 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 magnetómetro portátil Gem System GSM-19, efecto Overhauser con sensibilidad de 0.01 nT.

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

- Ing. Jorge Hernández López.
- Ing. Carlos Anaya Renovato.
- Ing. Justino Escamilla Orta.
- Pas. Sergio Jáuregui Albarrán.
- Cap. Carlos Morales Mendoza.
- Cap. Hugo Martínez S.
- Cap. Jorge Peña Guerrero.
- Operador Pas. David Berrocal H.
- Operador Ing. Guillermo Guzmán A.
- Operador Miguel Angel Rangel V.
- Mec. Jesús Martínez.
- Mec. Misael Vital.
- Procesador Pas. Luis Monrroy Chávez
- Procesador Pas. Gabriel A.Escorcia E.

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, líneas 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 400Mhz.

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).

En el caso de la carta Buenaventura H13-7, 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 50 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 sé graficaron a cada 25 nT.

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).

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 Buenaventura H13-7, elaborada por los ingenieros: Cedillo C.R., Hernández N.L., Torres E.J., y Sánchez B. G. y publicada por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1998, 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.

Fisiográficamente la porción norponiente de la carta queda comprendida dentro de la Provincia de Cuencas y Sierras, la porción surponiente se encuentra dentro de la Provincia Sierra Madre Occidental, Subprovincia de Altas Llanuras según la clasificación de Erwin Raisz, 1959.

La red hidrográfica está conformada por los ríos Casas Grandes, Santa María y Santa Clara, los cuales desembocan en cuencas endorreicas de escaso almacenamiento.

Estratigráficamente se encuentran rocas cuyas edades varían del Pérmico Superior (?) al Holoceno, que incluyen tanto a rocas ígneas intrusivas y extrusivas como a rocas sedimentarias. El basamento está constituido por un conglomerado polimíctico denominado Formación Mojina (Stachlin, 1910), de edad Pérmico Superior.

El Cretácico Inferior está representado por nueve formaciones sedimentarias las cuales se depositaron en el orden siguiente: Formación Las Vigas (Burrows, 1910), constituida por areniscas, lutitas y limolitas; sobreyaciendo concordantemente a esta unidad se encuentra una alternancia de calizas y lutitas correspondiente a la

Formación Cupido (Imlay, 1937); cubriendo de manera concordante se depositó una serie de calizas arcillosas y lutitas de la Formación La Peña; esta unidad la sobreyace concordantemente la Formación Tamaulipas (Stephenson, 1921), que a su vez es cubierta concordantemente por la Formación Aurora (Burrows, 1910), ambas estan constituidas por calizas. Las formaciones antes descritas afloran en la Sierra La Mojina en la porción centro norte de la carta; descansando concordantemente sobre la Formación Aurora; aflora la Formación Walnut (Hill, 1981), que está constituida por calizas arcillosas y margas; de manera concordante se depositó la Formación Edwards (Hill y Vaughan, 1898), la cual consta de calizas; cubriendo concordantemente a esta unidad se depositó La Formación Kiamichi (Zwasinger, 1988), constituida por lutitas y calizas. A fines del Cretácico Inferior se depositó de manera concordantemente sobre la unidad anterior la Formación Georgetown (Adkins, 1933) constituida por calizas; las cuatro unidades anteriores se localizan es en la porción norponiente de la carta. De manera concordante le sobreyace la Formación del Río (Hill y Vaughan, 1898), constituida por lutitas y calizas arcillosas; la cubre concordantemente La Formación Buda (Vaughan, 1900) que consta de calizas arcillosas, ambas del Cretácico Superior.

El Cretácico Superior (?)-Paleoceno (?) está representado por el Conglomerado Pozos (Uramex, 1989) que marca el cambio entre las rocas calcáreo-arcillosas y volcánicas.

Cubriendo discordantemente a las rocas sedimentarias anteriormente descritas se tiene un conjunto de rocas volcánicas (Complejo Volcánico Inferior), depositadas durante el Eoceno y representadas por andesitas, tobas andesíticas, riolitas, tobas riolíticas- ignimbríticas, andesíticas y basaltos.

Las rocas intrusivas consideradas del Eoceno, están representadas por apófisis de tipo granítico que afloran en la Sierra del Nido. Un pórfido monzonítico aflora al nororiente del poblado de Buenaventura, en el área denominada Cerro Grande. Entre los ranchos San José y Los Nogales en el extremo nororiente de la carta, aflora un pórfido granítico con variaciones en sus bordes a monzonita, afectando al Conglomerado Pozos, a la andesita y a las tobas riolíticas e ignimbritas del Eoceno. Exíste un pórfido traquítico que aflora al norte del rancho La Providencia al oriente de la carta, lo están cubriendo parcialmente las tobas riolíticas e ignimbritas de oligoceno. Hacia el extremo suroriente aflora un pórfido riolítico que intrusiona a la Formación Walnut y al Conglomerado Pozos.

El Oligoceno está representado por tobas riolíticas-ignimbríticas (Supergrupo Volcánico Superior) originado a partir de calderas (McDowell and Clabaugh, 1979); las extrusiones estuvieron acompañadas por pequeñas emanaciones de lavas basálticas.

El Mioceno está representado por la presencia de un conglomerado polimíctico de relleno de fosa (Formación Baucarit), distribuido ampliamente en la porción centro-poniente de la carta. Al surponiente en los alrededores del poblado Yeponiera existen pequeños afloramientos de tobas riolíticas semiconsolidadas consideradas de edad Plioceno. Durante el Pleistoceno se depositó un conglomerado polimíctico constituido por fragmentos de diferentes litologías, areniscas y arcillas distribuidas en los valles intermontanos; en el Holoceno se tienen aluviones sobre los cauces de los arroyos y en las partes bajas en áreas de cultivo, depósitos lacustres arenosos localizados en los alrededores del poblado Nicolas Bravo, al poniente de la carta.

La carta se localiza en su mayor parte, sobre el borde nororiental de la Peninsula jurásica de Aldama, quedando únicamente la porción nororiente dentro del borde occidental de la Cuenca de Chihuahua. En la imagen de satélite, se observa el cambio en el compartamiento de los rasgos tectónicos principales, en la Cuenca de Chihuahua son predominantemente lineales, con una orientación NW-SE; mientras que los de la Plataforma de Aldama, incluye tanto complejos tectónicos circulares, como rasgos lineales en dirección NW-SE; esto último define que, la actividad volcánica más importante, tuvo lugar sobre la Plataforma de Aldama. Dentro de los rasgos tectónicos circulares se pueden citar a las sierras Terrenates, La Mojina de forma elíptica y Los Arados al norte de la carta; además se observan otra serie de estructuras circulares que corresponden a aparatos volcánicos, los cuales pueden constituir calderas, domos o centros de emisión; así como una serie de fallamientos normales que originaron fosas y pilares alineados predominantemente N-S.

Los yacimientos minerales metálicos estan representados por: el distrito minero inactivo de Namiquipa descubierto en el año de 1811, se localiza en la porción sur-surponiente de la carta, existen vetas argentíferas con leyes de plomo, zinc y oro. El origen de la mineralización es hidrotermal con relleno de fisuras. Las principales minas fueron: La Venturosa, La Esmeralda y México-La Princesa; con rumbos N-S y NW 10º-60º SE, buzando 50º-75º E, con espesores de 0.5 a 2.00m y longitudes entre 50 y 1000m, actualmente estan inaccesibles. Se estima que la producción total de mineral en el distrito fue de aproximadamente 1 200 000 toneladas.

Hacia la porción suroriente de la carta, se localiza el distrito minero Peña Blanca inactivo actualmente, descubierto en el año de 1959. Los yacimientos presentes son uraníferos con valores de molibdeno. El origen de la mineralización es hidrotermal con relleno de fisuras (vetas, mantos y stockworks). Las principales minas son: Margaritas, Puerto III y El Nopal I entre otras. La primera es un stockwork de 230m de longitud y una profundidad de 75 m con mineral disponible, la segunda de forma tabular con 3.00m de ancho y 480m de longitud y la última una brecha de 50m de ancho por 50m de largo.

La zona mineralizada La Mojina se localiza en la porción norte de la carta, a 15km en línea recta del poblado de Flores Magón. El principal yacimiento es la mina La Mojina, de tipo hidrotermal de relleno de fisuras, se observan dos mantos de 300m de extensión, 10m de ancho y espesor de 3.00m en el contacto del cuerpo intrusivo y las calizas, con un rumbo E-W y una inclinación de 15º al poniente.

La explotación fue a gran escala por manganeso desconociéndose leyes. Hacia la porción centro-nororiente de la carta se localiza la zona mineralizada de Terrenates, en la cual se tienen estructuras brechadas con orientación NW 78º-23º SE y echados verticales, con espesores de 0.5 a 1.00m, se estima que en algunas partes los cuerpos de brecha presentan espesores de 15m y longitudes promedio de 300m.

La zona mineralizada de Piélagos se localiza en la porción centro-oriental de la carta. La mineralización es manganoargentifera. Los principales yacimientos son Piélagos y Aguaviva, del tipo relleno de fisuras, con rumbos de N 70º-75º E y N 12º-55º W, con espesores de 0.20 a 3.00m. A 62 km en línea recta del poblado de Flores Magón se localiza la zona mineralizada de Providencia. La mineralización es del tipo hidrotermal, presenta relleno de cavidades similar a la de la zona de Piélagos, el principal prospecto es la Nueva Providencia, donde los espesores varián de 0.5 a 3.00m.

La zona mineralizada Servín se localiza en la porción nor-norponiente de la carta al nororiente del poblado de Buenaventura. Se identificaron tres estructuras mineralizadas con orientación N 45º-60ºE. El espesor varía de 0.30 a 1.00m, con longitudes de 50 a 250m.

En cuanto a los yacimientos no metálicos, en el extremo sur de la Sierra del Gallego en la porción oriente de la carta, se localiza un prospecto de ágata de alta calidad, explotado de manera irregular.

En los valles intermontanos distribuidos en la carta, se tiene una gran cantidad de depósitos de arena y conglomerados los cuales son utilizados por los lugareños para la construcción y el revestimiento de caminos vecinales.

Las zonas prospectivas desde el punto de vista geológico-minero son: Baviácora ubicada en el extremo surponiente de la carta y la Campana en extremo suroriente, ambas presentan zonas de oxidación e indicios de mineralización.

III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL.

La información aeromagnética contenida en la presente carta, tiene un alcance de carácter regional debido a la escala del mapa (1: 250 000), en donde a partir de los datos aeromagnéticos se interpretaron indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas, tales como intrusivos, rocas sedimentarias y metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales rasgos obtenidos con base al contraste de suceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originado este 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 el uso de la información.

Para obtener información con más detalle en áreas específicas de interés seleccionadas en esta carta, resulta 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 más importantes, trabajando 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.

III.1.- Dominios Magnéticos

En la carta magnética de campo total Buenaventura H13-7, se identificaron 5 grupos de dominios magnéticos indicados con las letras A_1, A_2, B_1, B_2 y C, diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura No.2).

III.1.1.-Dominio Magnético A_1

Este domino magnético A_1 se atribuye a rocas intrusivas de composición félsica a intermedia, se caracteriza por una respuesta de tipo monopolar y dipolar de suave gradiente y baja intensidad magnética que varía de -150 a 0 nT.

En esta carta se detectó un solo dominio magnético A_{1-1} que se localiza en la porción central de la carta, aproximadamente a 50 km hacia el sur del poblado La Constitución, representado por una anomalía monopolar de baja intensidad y forma elíptica, respuesta que se atribuye a un cuerpo intrusivo sepultado por rocas volcánicas de composición riolítica e ignimbríticas del Supergrupo Volcánico Superior.

Este dominio magnético se localiza en la porción poniente del levantamiento estructural, situado en la porción centro-oriente de la carta, donde existe evidencias de mineralización principalmente de Mn en la zona mineralizada de Piélagos, ubicado al norte de este dominio.

III.I.2.- Dominio Magnético A_2.

El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y estan representadas por anomalías magnéticas monopolares y dipolares con alto gradiente y de pequeñas dimensiones, con intensidades magnéticas que varian de -350 a 350 nT (Figura No.2).

Se definieron un total de 7 dominios magnéticos A_2 (A_{2-1}, A_{2-2}, A_{2-3}, A_{2-4}, A_{2-5}, A_{2-6} y A_{2-7}) localizados en la porción oriental de la carta, con intensidades y formas diferentes emplazados en un mismo ambiente geológico y distribuidos en una manera aislada.

Es posible que por el grueso encape de las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental, los posibles intrusivos presentes en esta región están enmascarados por la respuesta de las volcánicas.

El dominio magnético A_{2-1}, localizado en la porción suroriente de la carta, representado por una anomalía magnética monopolar con intensidad de 250 nT, se interpreta como la respuesta de un cuerpo intrusivo sepultado por rocas volcánicas terciarias de composición riolítica e ignimbrítica.

El dominio magnético A_{2-2}, localizado en la porción centro oriente de la carta, está ubicado al norte 18 km del dominio A_{2-1}, representado por una respuesta magnética monopolar con intensidad de 200 nT, dicha respuesta se atribuye a un cuerpo intrusivo sepultado por rocas volcánicas terciarias de composición riolítica y andesitas basálticas.

Hacia la porción centro oriente de la carta se definió el dominio magnético A_{2-3}, representado por una anomalía monopolar con intensidad máxima de 150 nT, respuesta que se atribuye a cuerpo intrusivo sepultado bajo una cubierta de material aluvial, el centro de esta anomalía coincide con la laguna Encinillas.

El dominio magnético A_{2-4} ubicado al nororiente de la carta, presenta una respuesta magnética dipolar y una intensidad máxima de 300 nT, esta respuesta se atribuye a un cuerpo intrusivo, en superficie esta anomalía se correlaciona parcialmente con el afloramiento de intrusivo tipo pórfido traquítico y rocas volcánicas terciarias de composición riolítica e ignimbrítica.

5km al sur de este dominio éxisten evidencias de mineralización de Au y Ag asociados al pórfido traquítico y al volcanismo terciario.

Los dominios magnéticos A_{2-5}, A_{2-6} y A_{2-7} localizados en la porción nororiente de la carta, están representados por anomalías monopolares y dipolares de moderada intensidad con valores de 125, 125 y 600 nT respectivamente, estas anomalías se han interpretado como las respuestas de cuerpos intrusivos parcial o totalmente sepultados ubicados en un tren magnético de orientación N-S, que se correlacionan en superficie en la siguiente forma:

El dominio A_{2-7} se correlaciona con los afloramientos de pórfido granítico y rocas volcánicas terciarias andesíticas, y los dominios magnéticos A_{2-6} y A_{2-7} con rocas volcánicas terciarias de composición riolítica e ignimbrítica.

La interpretación de estas respuestas sugieren dos posibilidades:

La primera es que debido a que ambos dominios se encuentran dentro de un mismo alto magnético esto pudiera interpretarse como si se tratara de un mismo cuerpo intrusivo a profundidad.

La otra alternativa es considerarlos como cuerpos intrusivos independientes de la misma composición, donde la mayor intensidad del dominio A_{2-7} es debido a que este aflora, mientras que los dominios magnéticos A_{2-5} y A_{2-6} con menor intensidad es indicativo que se encuentran a mayor profundidad, cubiertos por el volcanismo terciario.

Las respuestas magnéticas de los dominios (A_2 y A_1) interpretados como cuerpos intrusivos sepultados, se ubican dentro de un levantamiento estructural, donde existen rocas sedimentarias cretácicas aflorando y otra gran parte de ellas han sido cubiertas por un grueso espesor de rocas volocánicas terciarias. Inferiéndose que este levantamiento fue provocado por el emplazamiento de cuerpos intrusivos que no alcanzan a aflorar.

En la información proporcionada por Pemex del Proyecto Las Tapias, se menciona que es muy probable que en la porción oriente de la carta, se localice el límite norponiente de la Peninsula de Aldama, la que presenta rasgos tectónicos con orientación NW-SE, misma tendencia que se observa en la interpretación regional de la carta (PEMEX, 1980-1982).

III.1.3.- Dominio Magnético B_1

El dominio magnético B_1 se atribuye generalmente a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, se caracteriza por presentar distorsiones en el campo magnético, llegando a formar zonas de altos y bajos con tendencias magnéticas irregulares e intensidades que varían de -400 a 50 nT.

El dominio magnético B_1 cubre grandes franjas en la porciones central, surponiente y nororiente de la carta, estas franjas anómalas presentan una tendencia general de rumbo aproximado NW-SE, las cuales se interpretan como la respuesta de las rocas volcánicas del Oligoceno representadas por tobas riolíticas, ignimbritas, derrames riolíticos y piroclásticos del Supergrupo Volcánico Superior.

Dentro de estos dominios magnéticos B_1, se definen algunas zonas con alto gradiente, que se localizan en las porciones surponiente y nororiente de la carta, estos dominios B_1 se interpretan como las respuestas del basamento magnético donde este se encuentra levantado, mientras que en zonas con el gradiente magnético mas suave o bajo corresponde a bloques hundidos cubiertos por la secuencia sedimentaria del mesozoico y grandes espesores de rocas volcánicas terciarias.

III.1.4.- Dominio Magnético B_2.

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

Se detectaron un total de 9 dominios magnéticos B_2 predominando estos en las

porciones centro-oriente, norte y poniente de la carta.

El dominio magnético B_2 situado en la porción centro-oriente de la carta está representado por anomalías de alta intensidad, se interpretan como las respuestas magnéticas de las rocas volcánicas andesíticas, las cuales presentan altas concentraciones de magnetita (Complejo Volcánico Inferior), sin descartar la posibilidad de que anomalías positivas de grandes dimensiones e intensas, pudiera corresponder a respuestas provocadas por cuerpos intrusivos de composición básica sepultados por las rocas sedimentarias mesozoicas y volcánicas terciarias, ocasionando un levantamiento estructural en esta región. Estas respuestas magnéticas se correlacionan en superficie con rocas sedimentarias mesozoicas, volcánicas terciarias, cuerpos intrusivos (graníticos, pórfidos graníticos y traquíticos) y sedimentos recientes que rellenan las partes bajas.

Las tendencias principales observables en este dominio B_2 están representadas por altos magnéticos, de orientación NW-SE marginados por lineamientos magnéticos del mismo rumbo.

Dentro de este dominio magnético se localizan las zonas mineralizadas de Terrenates (Mn), Piélagos (Mn y Ag) y Providencia (Au, Ag y Fe) de origen hidrotermal en forma de vetas y relleno de fisuras.

Los dominios magnéticos B_2 localizados en la porción norponiente y surponiente de la carta, están representados por altos y bajos magnéticos de alta intensidad y forma irregular, estas anomalías presentan tendencias de rumbo NW-SE, propias de los rasgos estructrurales que predominan en esta región, los cuales se correlacionan con afloramientros y estructuras formadas durante la tectónica extensional de cuencas y sierras que se carácterizó por un levantamiento regional que originó una sucesión de pilares tectónicos conformados por rocas volcánicas del Supergrupo Volcánico Superior, así como por fosas tectónicas las cuales se encuentran rellenas por conglomerados polimícticos, material aluvial, depósitos lacustres y basaltos alcalinos pliocuaternario.

Estas respuestas representadas por altos y bajos magnéticos de alta intensidad, se han interpretado como la respuesta combinada de las rocas andesíticas muy magnéticas (Complejo Volcánico Inferior), posibles cuerpos intrusivos ocultos, rocas volcánicas de composición riolítica, ignimbrítica y derrames basálticos (Supergrupo Volcánico Superior).

El dominio magnético B_2 localizado en la porción norte de la carta, está definido por una amplia anomalía representada por bajos magnéticos de muy baja intensidad, se interpretó como la respuesta provocada por una posible cuenca sedimentaria mesozoica, la cual se haya limitada y afectada al sur por el volcanismo terciario de la Sierra Madre Occidental.

Geológicamente esta respuesta se correlaciona con pequeños afloramientos de calizas marinas del mesozoico, ignimbritas-riolitas y dacitas del Supergrupo Volcánico Superior, cuerpos intrusivos en forma de pórfidos, derrames basálticos y rellenando las fosas tectónicas sedimentos continentales y suelos residuales.

Algunas de las respuestas magnéticas definidas como altos dentro del dominio B_2, podrían corresponder a respuestas de cuerpos intrusivos ocultos por el volcanismo terciario, con evidencias de diques hipabisales en superficie como es el caso del pórfido monzonítico, situado 15 km al nororiente de el poblado de Buenaventura.

III.1.5.- Dominio magnético C

El dominio magnético C está representado por distorsiones magnéticas suaves con valores que no presentan gran variación, con intensidades que varían de -300 a -100 nT.

Se atribuyen a rocas sedimentarias y/o metamórficas.

Se interpretaron 2 dominios magnéticos C localizados en la porción oriente y norte de la carta, este dominio está representado por anomalías de baja intensidad y bajo gradiente, que se atribuye a la respuesta provocada por grandes espesores de rocas sedimentarias mesozoicas (calizas, lutitas, areniscas, conglomerado y aluvión que cubre gran parte de la región).

El dominio magnético C localizado en la porción oriente de la carta, está representado por una serie de altos y bajos magnéticos de baja intensidad y bajo gradiente que se atribuye a rocas sedimentarias mesozoicas (calizas, lutitas, areniscas y aluvión).

Este dominio se encuentra efectado por las respuestas magnéticas de rocas volcánicas terciarias de poco espesor.

Dentro de este dominio magnético C se localizan los distritos mineros de: Peña Blanca, actualmente inactivo donde éxiste mineralización de U y Mo en forma de vetas encajonadas en ignimbritas y riolitas (CRM, 1990).

El dominio magnético C localizado en la porción norte de la carta, está representado por anomalías de baja intensidad y bajo gradiente con una orientación NW-SE, ubicadas sobre una depresión topográfica (bloque hundido). Este dominio se correlaciona con afloramientos de rocas sedimentarias mesozoicas, remanentes de rocas volcánicas (riolitas e ignimbritas) terciarias y aluvión. Dentro de este dominio existen evidencias de mineralización tipo veta y mantos de Ag, Pb y Fe en la zona mineralizada La Mojina, también existe mineralización tipo skarn en el contacto entre las rocas sedimentarias y diques hipabisales de diferente composición (Cedillo y otros 1998).

III.2.- Lineamientos y curvolineamientos Magnéticos

Se interpretaron 2 sistemas de lineamientos magnéticos principales las orientaciones son NW-SE y NE-SW, los cuales se interpretan como las respuestas de zonas de debilidad o fallas de origen profundo, que en algunas ocasiones no tienen manifestación superficial.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE, distribuidos ampliamente en las porciones oriente centro y norte de la carta, tienen gran importancia en la región, ya que delimitan grandes zonas de fallas que han llegado a controlar el emplazamiento de cuerpos intrusivos de diferente composición, con longitudes de hasta 30km y 10km de ancho, que conforman bloques levantados y hundidos representados por altos y bajos magnéticos respectivamente.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NE-SW, son de escasa distribución y fueron interpretados en las regiones suroriente, sur y centro de la carta. Estos lineamientos tienen correlación con los cauces de arroyos en la región, por lo que se interpretan como linamientos magnéticos mas recientes y al parecer afectan o desplazan a los lineamientos de rumbo NW-SE.

Se definieron 3 curvolineamientos los cuales se localizan en la porción norte de la carta; algunas expresiones de estos curvolineamientos tienen forma semicirculares

y podrián corresponder a estructuras tipo caldera que no tienen expresión superficial y están relacionados a los dominios magnéticos B_2, se correlacionan con grandes espesores de rocas volcánicas terciarias.

III.3.- Procesos Analíticos Realizados.

Con el propósito de realzar la información contenida en el mapa de Campo Magnético Total (CMT), se aplicaron los siguientes procesos analíticos a los datos aeromagnéticos: Reducción al polo, aplicación de un filtro pasabajas y de primera derivada vertical; teniendo como resultados los siguientes mapas:

III.3.1.- Mapa de estructuras profundas.

Se generó aplicando un filtro pasabajas al Campo Magnético Total (CMT) reducida al polo, considerando una frecuencia de 0.05 ciclos/ km para el vuelo de contorno 120 m.s.n.t. y una frecuencia de corte de 0.10 ciclos/ km para el vuelo a 300 m.s.n.t).

En este mapa se han eliminado las respuestas de alta frecuencia que son producidas por fuentes magnéticas superficiales, lo que permite vizualizar 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 No. 3).

IIII.3.2.- Mapa de Estructuras Superficiales.

Se generó aplicando un filtro de primera derivada vertical al Campo Magnético total (CMT) reducido al polo.

En este mapa se resaltan las altas frecuencias que son correlacionables con las fuentes magnéticas someras, con lo que es posible definir los rasgos litoestructurales mas superficiales (Figura No.4). Definiéndose claramente las porciones cubiertas por rocas volcánicas casi en toda la carta, y las respuestas de suave gradiente correlacionables con rocas sedimentarias mesozoicas y sedimentos recientes en la porción oriental de la carta.

III.4.- Zonas Prospectivas

En base a la interpretación regional de la carta magnética se proponen 2 zonas prospectivas por mineralización polimetálica, las cuales a continuación se describen (Figura No. 5):

En la porción centro oriente de la carta, se seleccionó una zona prospectiva, relacionada al dominio magnético A_{2-3} interpretado como la respuesta de un cuerpo intrusivo sepultado; dominio que se correlaciona con material aluvial reciente, donde el centro de la anomalía coincide con la Laguna Encinillas. Al nororiente 8 km de esta zona prospectiva, se tienen evidencias de mineralización en forma de vetas de Au y Ag en rocas volcánicas, que corresponden a la zona mineralizada de Providencia, asociados a los cuerpos intrusivos tipo pórfido de composición traquítica.

La zona presenta interés ya que podría contener mineralización de tipo skarn entre el intrusivo y las rocas sedimentarias ambos sepultados por rocas volcánicas y material de relleno.

La segunda zona prospectiva se localiza al nororiente de la carta, se relacionó a los dominios magnéticos A_{2-4}, A_{2-5}, A_{2-6} y A_{2-7} interpretados como las respuestas de cuerpos intrusivos que se encuentran parcialmente aflorando.

Los dominios A_{2-4} y A_{2-7} se correlacionan con los afloramientos de diques hipabisales tipo pórfido con composiciones traquítica y

granítica respectivamente, mientras que los dominios $A_{2\text{-}5}$ y $A_{2\text{-}6}$, no tienen correlación superficial, se interpreta como la presencia a profundidad de cuerpos intrusivos magnéticos.

En el límite sur de esta zona prospectiva existen evidencias de mineralización metálica en forma de vetas de Au y Ag y Pb encajonadas en las rocas volcánicas terciarias.

Se recomienda la investigación del límite márginal interpretado con geofísica, para conocer el potencial de mineralización tipo skarn en el contacto intrusivo-caliza a profundidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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, pp.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 preliminary 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, 1994. Monografía Geológico-Minera del estado de Chihuahua, SEMIP, publicación M-14e, 297 p.

Cedillo, C.R., Hernández, N.L., Torres, E.J., y Sanchez, B.G., 1998. Carta Geológico-Minera Buenaventura H13-7 escala 1:250 000 SEC0FI, 1ª edición.

INEGI, 1992. Carta Topográfica Buenaventura H13-7 escala 1:250 000, 3ª impresión.

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.

IAGA, Division V. Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992. International Geomagnetic Reference Field, Revision 1991, Geophysics, vol.57, No.57, pp. 956-959.

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. y Clabaugh, S.E. 1981. The igneos History of the Sierra Madre Occidental and its Relation to the Tectonic Evolution of Western Mexico. Revista del Instituto de Geología, vol.5, No.2, UNAM, pp.195-206.

Nimz, G. J., Cameron, K.L., Cameron, M., Morris, S.L., 1986. The Petrology of the Lower Crust and Upper Mantle Beneath Southeastern Chihuahua, Mexico: A Progress Report. Geof. Int., Vol.25-1, pp. 85-116.

PEMEX, (1980-1982). Levantamiento de geofísica aerea (Magnetometría-Espectrometría-VLF), Prospecto Las Tapias.
(Inédito).

Tovar, R.J., 1981. Provincias con posibilidades petroleras en el Distrito de Chihuahua. Bol. Asoc. Geol. Petrolero, V.33, p.25-51.

Tovar, R.J.,Vazquez, R.H.,Lozano, A.S.,1978. Interpretación integrada geológica-geofísica, porción norte de Chihuahua. Bol. Asoc. Geol. Petr. V. 30, p. 59-134.

Urrutia, F.J., Campos, E.J.O., 1993. Geomagnetic secular. Variation Central Mexico since 1923. AD and comparison with 1945-1990. IGRF model. Journal Geomag. Geoelect. 45, p.1-7.

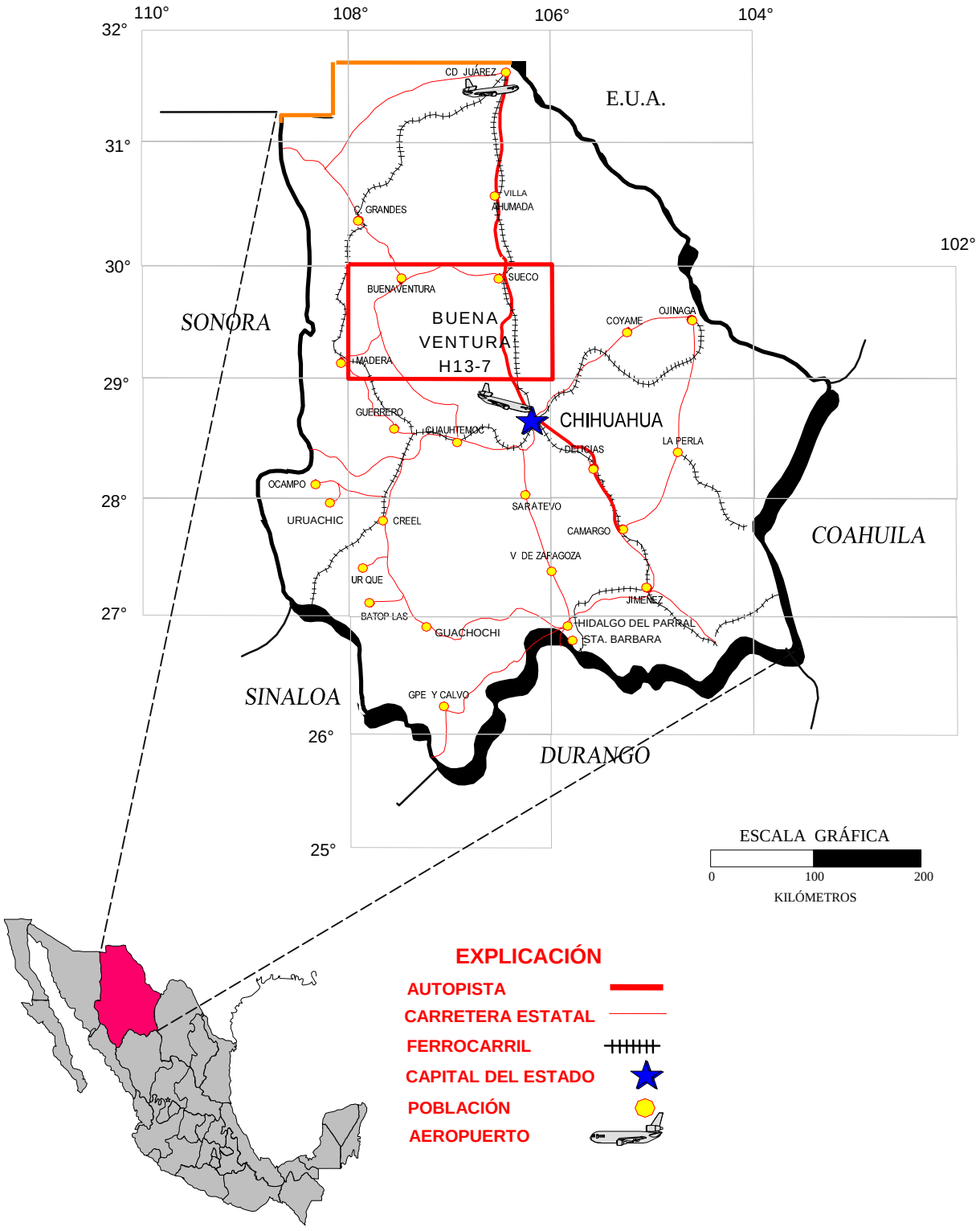

FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACIÓN

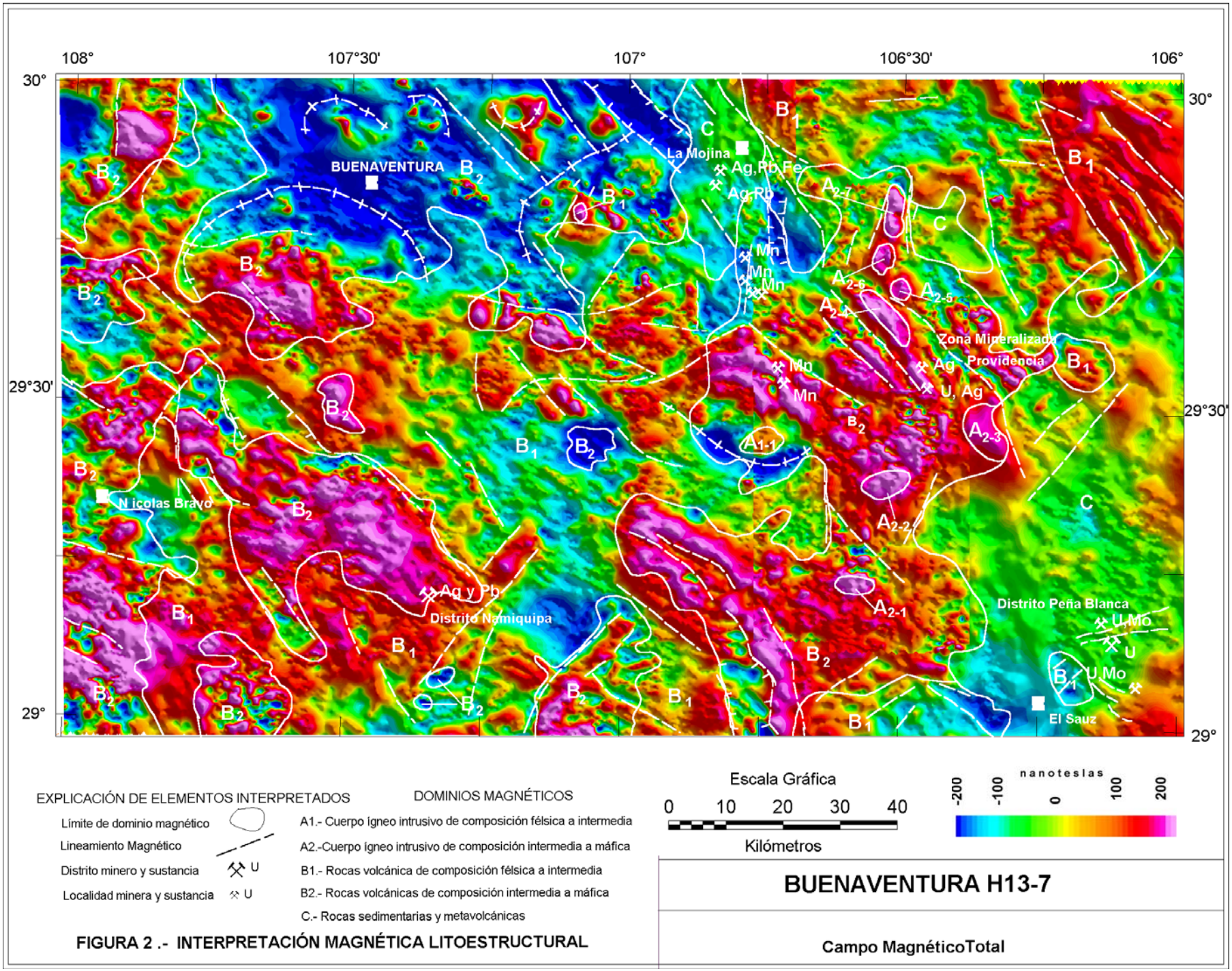

FIGURA 2 .- INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

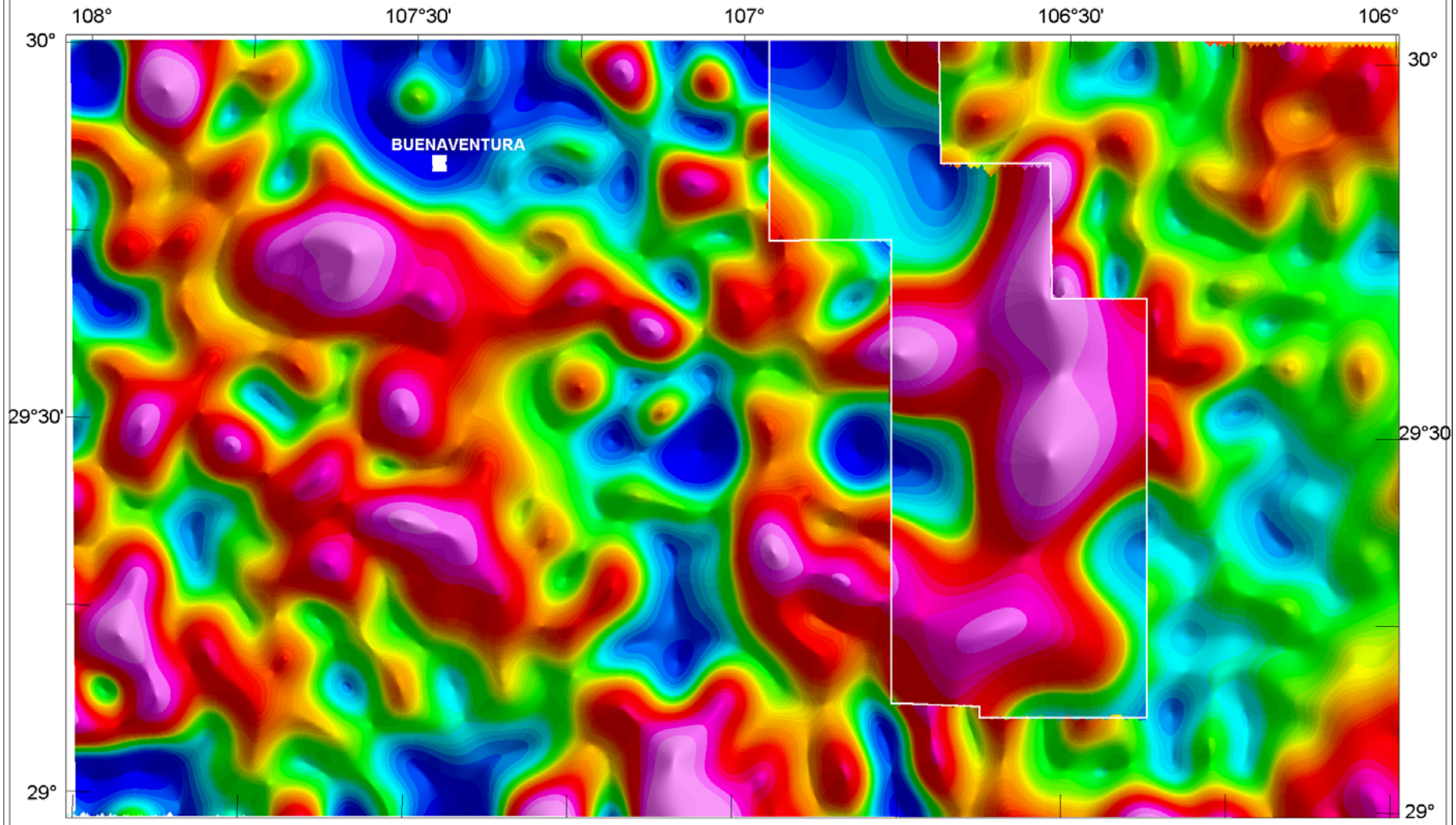

FIGURA 3.-MAPA DE ESTRUCTURAS PROFUNDAS

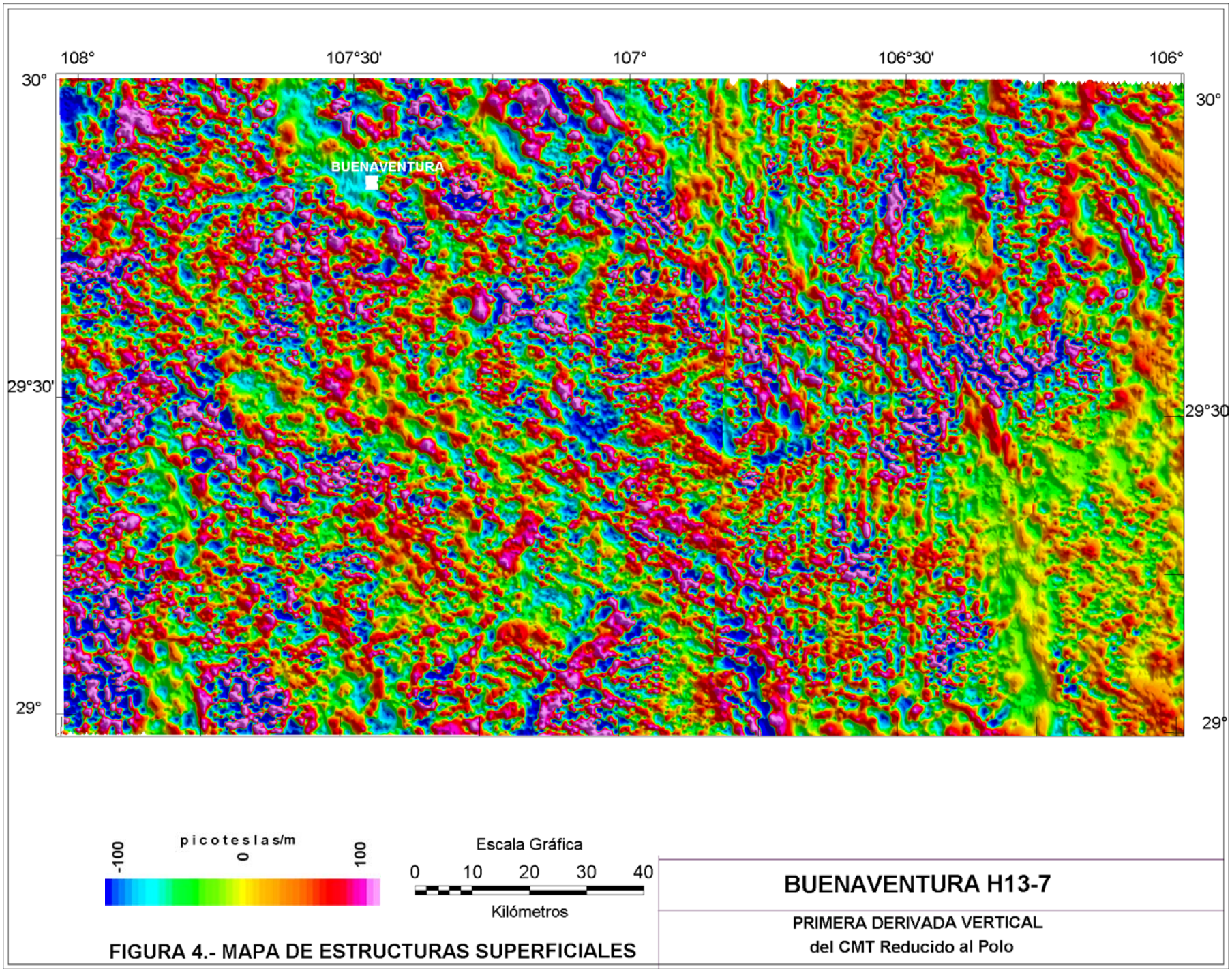

FIGURA 4.- MAPA DE ESTRUCTURAS SUPERFICIALES

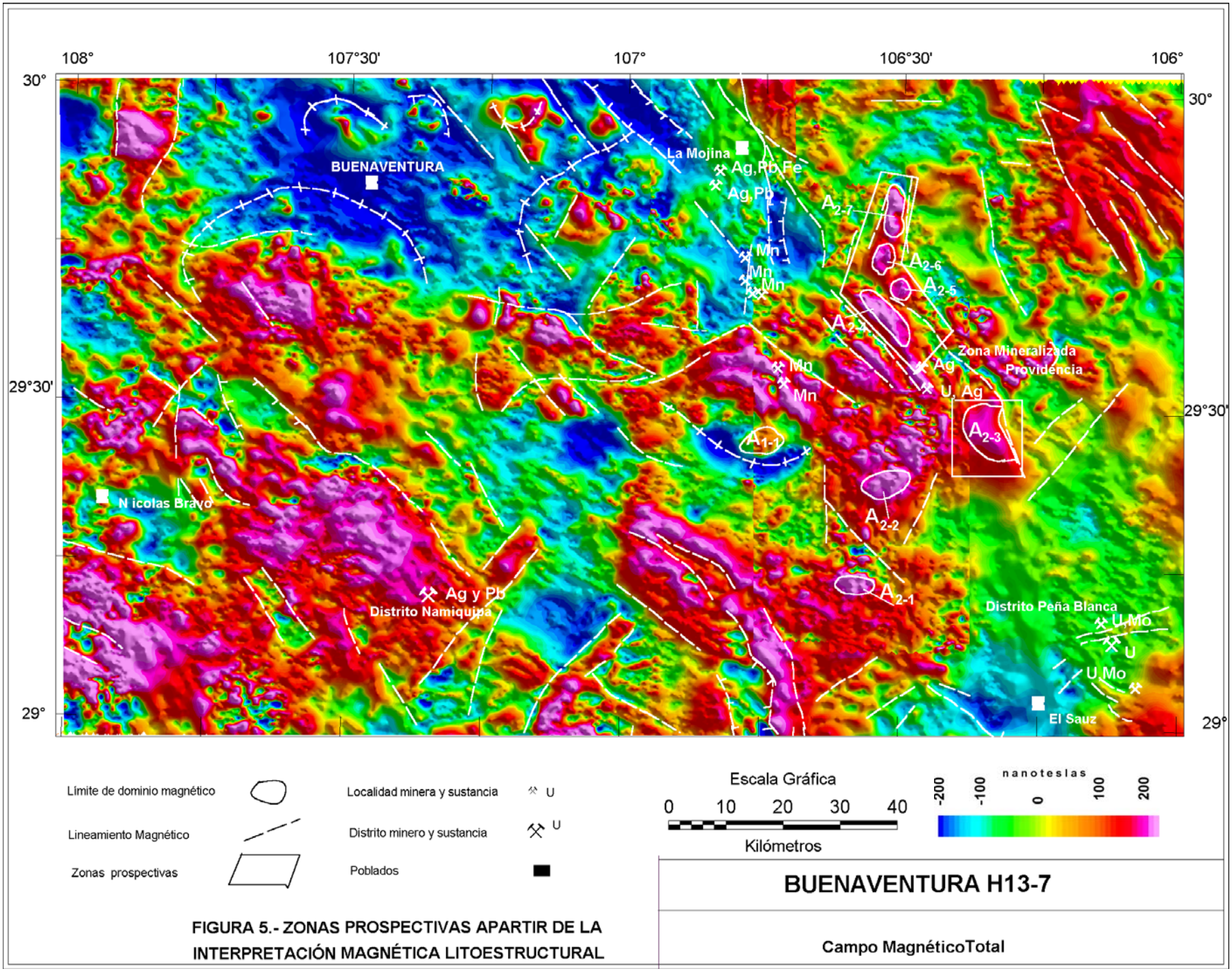

FIGURA 5.- ZONAS PROSPECTIVAS APARTIR DE LA INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

BUENAVENTURA H13-7

Campo MagnéticoTotal