CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA
CARTA MAGNÉTICA

"HERMOSILLO" H12-8

ESCALA 1:250 000

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

MÉXICO, 1996

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1996. © Derechos Reservados
- ISBN 968-6710-20-5 (SERIE COMPLETA) ISBN 968-6710-46-9 (HERMOSILLO H12-8**)**

CONTENIDO

PRESENTACIÓN:

CAPÍTULO I **INTRODUCCIÓN**

CAPÍTULO II **GENERALIDADES**

II.1.- FUENTES DE INFORMACIÓN

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

II.3.- PROCESAMIENTO DE DATOS

II.4- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

CAPÍTULO III **SÍNTESIS GEOLÓGICA**

CAPÍTULO IV **DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

P R E S E N T A C I Ó N

Una de las funciones del Consejo de Recursos Minerales, es generar y difundir la información geológico-minera básica con el fin de apoyar el desarrollo minero nacional y por consecuencia al sector industrial, para lo cual se ha realizado la integración de la información geofísica existente, al mismo tiempo que se continúa generando ésta información en zonas en donde no existe cubrimiento aerogeofísico.

Como parte de este inventario de información geológico-minera, en lo que respecta a las cartas básicas, se ha iniciado la integración de los levantamientos aeromagnéticos generados por este organismo, con la finalidad de que los exploradores de los recursos del subsuelo puedan disponer de esta información en una serie de cartas geofísicas escala 1:250,000 con formato cartográfico internacional, que se va publicando conforme al avance en los cubrimientos aerogeofísicos del territorio nacional.

La presente carta magnética "HOJA HERMOSILLO" H12-8, forma parte de una serie de publicaciones de este tipo, consiste en un mapa de intensidad magnética total corregido por Campo Geomagnético de Referencia Internacional (IGRF), acompañado con un texto explicativo de la misma.

La utilidad de este material es amplia al proporcionar en forma indirecta una información básica que a escala regional permite diferenciar unidades litológicas y rasgos estructurales sepultados; de manera que la aplicación de esta carta es diversa, como un método indirecto de investigación y podrá ser aprovechada por los exploradores e investigadores de los recursos del subsuelo.

DR. LUIS CHÁVEZ MARTÍNEZ
Director General del Consejo de Recursos Minerales

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Consejo de Recursos Minerales elabora cartas geofísicas aeromagnéticas, las cuales pretenden cubrir las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional, en base a la compilación de los trabajos que este mismo Organismo ha realizado, así como a los levantamientos aerogeofísicos sistemáticos que lleva a cabo actualmente. Dicho material se está integrando para hacerlo del dominio público con el propósito de fomentar el aprovechamiento de los recursos minerales del país.

En virtud de la dificultad cada vez mayor para la localización de los yacimientos minerales por encontrarse estos ocultos, el explorador enfrenta la necesidad de auxiliarse con técnicas indirectas de exploración, como son geofísica, geoquímica, imágenes de satélite y otras, las cuales representan valiosas herramientas que deben utilizarse en conjunción para lograr exitosas campañas que conduzcan a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados, así como investigar y evaluar minerales de utilización futura, cuyo potencial es actualmente desconocido.

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

La carta magnética Hermosillo H12-8 contiene información en una superficie de 21 480 Km^2 y corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por IGRF; obtenido a partir de los mapas de intensidad magnética total a escala 1:50,000 de los levantamientos aeromagnéticos realizados durante los años de 1983 y 1994.

En el análisis cualitativo de la hoja Hermosillo se delimitaron a nivel regional las expresiones magnéticas más obvias. Un análisis más exhaustivo de la información aeromagnética arrojará nuevos elementos litológicos y estructurales del subsuelo.

En la descripción de los resultados se interpretaron elementos tectónicos y litoestratigráficos como son: lineamientos magnéticos regionales asociados a fallas corticales, intrusivos ocultos de composición intermedia a básica asociados con estos fallamientos y su posible rol como removilizadores y concentradores de minerales polimetálicos y preciosos, zonas de cuencas con grandes espesores de sedimentos paleozoicos, mesozoicos y terciarios continentales. Dichos elementos ubican al explorador en zonas prospectivas más reducidas así como en el modelo de mineralización esperado.

CAPÍTULO II. GENERALIDADES

II.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 los años 1983 y 1994.

La información aerogeofísica obtenida en el año 1983 se compiló en su tiempo mediante un proceso analógico para generar mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000. La información obtenida en 1994, se procesó directamente de la grabación digital del equipo aerogeofísico.

La información cartográfica básica fue proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

II.2. Parámetros y Equipos Utilizados en los Levantamientos

Para los objetivos mineros a los cuales nuestro Organismo está dedicado, durante 1983 se efectuaron los levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos de contorno con un altura promedio sobre el terreno de 300 m., en líneas con rumbo N45^{0}E y separación de 1000 m. La identificación de las trayectorias de vuelos se llevó a cabo, en los años ochenta mediante el sistema de navegación visual. En el año de 1994 se realizó un vuelo complementario para cubrir las áreas faltantes de la carta Hermosillo, con líneas de rumbo N-S, separación de 1000 m. y altura de vuelo de 450 m. el posicionamiento de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando la versión stand alone.

En el año de 1983, el levantamiento se realizó en un avión Islander bimotor, utilizando un magnetómetro de protón marca Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nT. (gammas); en el posicionamiento de las líneas de vuelo se empleó una cámara de cuadro fijo de 35 mm y la altura de vuelo se controló con un radioaltímetro Sperry. El levantamiento más reciente se realizó con el mismo avión utilizando un sensor magnético de vapor de Cesio marca Scintrex CD-2, con resolución de 0.001 nT con sensor fijo, y una tarjeta procesadora marca Picodas (magnetómetro).

II.3. Procesamiento de Datos

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

a).- Digitalización

La integración de la información se realizó a partir de mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000, siendo necesario digitalilzar los vuelos realizados en el año 1983, siguiendo las trayectorias de vuelo para capturar las coordenadas

UTM y el valor del campo magnético (z).

Para los vuelos realizados en el año de 1994, la información se tomó directamente de la grabación de datos magnetométricos en disco duro del equipo aerogeofísico. La información se exportó a la estación de trabajo SUN SPARC 10 donde fue procesada e integrada con el vuelo del año de 1983.

b).- Formación de Archivos

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

c).- Obtención de datos corregidos por el Campo Geomagnético.

Según los datos del Observatorio de Teoloyucan, Méx., obtenidos en el período de 1923 a 1987, el campo geomagnético en la República Mexicana, ha decrecido en ese período aproximadamente 48.07 nT. Por año (Urrutia y Campos, 1993); lo que nos da una idea de la magnitud del cambio en el campo geomagnético que debe corregirse.

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

d).- Generación del Mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta magnética Hermosillo se reintegraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z y se utilizó el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974) para la generación de curvas de contorno cada 50 nanoteslas (nT). El equipo utilizado fué una Workstation SUN SPARC 10 con disco duro de 6.3 GB, 128 MB de RAM y velocidad de 51 MHZ.

e).- Graficación

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

II.4. Características de la Carta

La carta magnética Hermosillo H12-8 escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI contiene información que abarca una superficie de 21 480 Km² (Figura 1).

Los intervalos de color, al igual que las curvas isomagnéticas se seleccionaron cada 50 nanoteslas (nT), indicando los

bajos magnéticos en tonos de azul y verdes y los altos magnéticos en tonos rojos como se indica en la gama de valores, para visualizar Fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos.

Con color sepia claro se indica la interpretación cualitativa de carácter regional en donde se representan los límites de las unidades litomagnéticas con trazos punteados, los lineamientos magnéticos asociados a fallas con líneas interrumpidas y los lineamientos magnéticos asociados a estructuras con doble línea interrumpida.

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

CAPÍTULO III. SÍNTESIS GEOLÓGICA

La carta magnética Hermosillo H12-8 comprende la porción central del estado de Sonora.

Las unidades litológicas que afloran dentro de la superficie que abarca la carta están representadas por: el basamento metamórfico del Terreno Caborca constituído por esquistos, gneises y rocas sedimentarias de edad precámbrica; una secuencia miogeoclinal del Paleozoico Inferior, una secuencia eugeoclinal de Paleozoico Superior, sedimentos clásticos y rocas volcánicas del Cretácico; derrames volcánicos y piroclastos del Oligoceno-Mioceno y sedimentos clásticos continentales del Terciario y Cuaternario. Rocas ígneas intrusivas de edad precámbrica y laramídica afectan a las rocas preexistentes.

Las rocas más antiguas consisten de filitas, esquistos de muscovita y cuarzo, cuarcitas y gneises cuarzofeldespáticos de edad precámbrica, afectadas por plutones graníticos y pegmatitas de 1100 a 1440 m.a. y cubiertas discordantemente por areniscas y calizas con horizontes de estromatolitos del Precámbrico Tardío. En conjunto éstas rocas constituyen el basamento del Terreno Tectonoestratigráfico Caborca y afloran principalmente en el extremo norponiente de la carta, en el Cerro El Tordillo y Sierra Jojoval (Campa y Coney, 1983).

En la región de Cerro de Oro, porción centro-oriental de la carta, aflora una secuencia sedimentaria de ortocuarcitas, areniscas arcósicas, alternanvia de dolomías y ortocuarcitas con horizontes estromatolíticos que forman el Grupo La Palma de más de 1000 m de espesor. Por su contenido de estromatolitos y semejanza litológica con rocas del área de Caborca (Formación Gamuza, fuera de la carta), se consideran del Precámbrico Tardío. (Castro y Morfín, 1988).

Otras localidades donde afloran rocas precámbricas son al norte de Aconchi (Roldán 1989), en Opodepe (Figueroa y Grijalva, 1989) y en la mina El Crestón (León y Miller, 1981).

En la porción sur de la carta no se han reportado tocas precámbricas y su abrupta interrupción a lo largo de una línea de rumbo E-W sugiere un contacto tectónico más joven cuyas implicaciones son desconocidas (Anderson y Silver, 1981); otros autores lo consideran una zona de acreción de terrenos tectonoestratigráficos.
El Paleozóico está representado por una secuencia miogeoclinal alóctona constituída por calizas, calizas con lentes de pedernal y escasas dolomitas y areniscas, en conjunto alcanzan un espesor compuesto de casi 4500 m. (Roldán, 1982) que varían en edad del Cámbrico al Pérmico y forma parte del Terreno Caborca.

Donde se ha documentado el Paleozoico, cubre concordantemente a las rocas del Precámbrico Tardío (Arellano, 1956) en la región de Caborca (fuera de la carta); y también aflora en varias localidades de la carta como ventanas estructurales y remanentes de erosión sobre granitos laramídicos los cuales producen una aureola de metamorfismo de contacto con desarrollo de skarn mineralizado mármol, cuarcita y esquistos cuarzofeldespáticos como en la mina La Verde, sierras El Jaralito, y Aconchi y Cerro de Oro.

La secuencia miogeoclinal del Terreno Caborca está cubierta por cabalgamiento tectónico con dirección al nororiente; por una secuencia augeoclinal del Paleozoico Superior constituida por radiolaritas, lutitas, argilitas, cuarcitas con cantidades menores de calizas, areniscas, conglomerados y barita que forman el Terreno Cortés (Coney y Campa, 1983). Esta falla inversa tiene un rumbo E-W y va desde Isla Tiburón pasando por la Sierra de Santa Rosa hasta Mazatán coincidiendo aproximadamente con el límite sur de la carta.

Las rocas mesozoicas son característicamente escasas dentro de la carta. No se han reconocido rocas de edad Triásicto-Jurásico y el Cretácico solo aflora en muy pocas localidades y es de poca extensión superficial.

En la región de Cerro de Oro aflora una secuencia de más de 900 m. de areniscas,limolitas, calizas y calizas fosilíferas, su contenido fosilífero las ubica en al Aptiano y Cenomamiano (Castro y Morfín, 1988), equivalentes al Grupo Bisbee que aflora en la región de Cucurpe (fuera de la carta). Estas rocas cubren discordantemente a rocas precámbricas y a su vez están cubiertas discordantemente por rocas volcánicas del Cretácico Tardío-Terciario Temprano representadas por andesitas, andesitas porfídicas y pórfidos andesíticos que afloran ampliamente en el extremo nororiental de la carta.

En el distrito minero de San Felipe afloran calizas fosilíferas y areniscas del Cretácico Inferior como remanentes de erosión (Roldán, 1982).

El Cenozoico está representado principalmente por rocas volcánicas y sedimentos clásticos continentales que cubren discordantemente a las rocas preexistentes.

Los principales afloramientos de las rocas volcánicas cenozoicas, se ubican entre el Valle de El Zanjón y Valle de Rayón-Ures en la porción norponiente de la carta, los cuales consisten de enormes volúmenes de riolitas, ignimbritas y andesitas basálticas (volcanismo bimodal) de probable edad Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano. A esta secuencia pertenece el domo riolítico de Cerro de Oro al cual algunos autores sugieren su origen a partir de estructuras tectonomagmáticas y fallamiento en bloques (Cocheme, 1981; Radelli, 1986), por su relación espacial con diques y otros cuerpos ígneos hipabisales.

Las rocas clásticas continentales más antiguas descansan discordantemente sobre rocas preexistentes y consisten de capas rojas, areniscas tobáceas y limolitas. Sobre estas rocas se depositaron los conglomerados, arenas, brechas y derrames de basalto interestratificado en la Formación Baucarit que rellenan las cuencas de los valle El Zanjón, Ures-Rayón y Valle de Huepac, mostrando los depósitos un ligero basculamiento. La Formación Baucarit representa un intervalo de depósito que pudo haber ocurrido discontinuamente, tanto en espacio como en tiempo, interrumpiéndose hasta el Mioceno Tardío (10 m.a.), (Bartolini, et al., 1994). Rocas clásticas más jóvenes cubre a la Formación Baucarit en los valles antes mencionados.

Derrames de basaltos asociados a fallas normales que limitan cuencas terciarias, cubren discordantemente a las rocas más antiguas en varias localidades de la carta, principalmente al noreste de Baviácora, estos representan la actividad volcánica más reciente dentro de la carta, con una posible edad del Pleistoceno (Roldán, 1989).

El Cuaternario está representado por depósitos de talud, terrazas y aluvión; constituidos por gravas, arenas y arcillas que afloran a lo largo de los principales ríos que drenan la región, en el Valle de El Zanjón y porción surponiente de la carta.

Las rocas ígneas intrusivas tienen una amplia distribución en la superficie de la carta. Las más antiguas son granitos y pegmatitas de edad precámbrica que afectan a rocas cristalinas de la misma edad (Anderson y Silver, 1981) y están asociadas a sus afloramientos.

Los granitos laramídicos de carácter calcoalcalino son los más abundantes dentro de la carta; su composición varía de granito, granodiorita, cuarzodiorita y cuarzomonzonita; algunos alcanzan dimensiones batolíticas formando sierras alargadas de rumbo NW-SE como la Sierra de Aconchi, Sierra El Jaralito, Sierra Pajaritos y Sierra Mazatán, las que en un conjunto constituyen el afloramiento de rocas más grande en todo el estado.

Otros afloramientos importantes se ubican al norte de Hermosillo y en la porción norponiente de la carta. Estos cuerpos laramídicos afectan a las rocas

precámbricas, paleozoicas, mesozoicas y del Terreno Inferior y a su vez están afectados por otras estructuras más jóvenes del (Eoceno y Mioceno).

El batolito del El Jaralito que se ubica al nororiente de la carta, tiene una edad de 69.6 a 51.8 m.a. (Damon, 1983); por sus características químicas es del tipo “I” y está afectado por un granito leucocrático de dos micas (batolito de Aconchi) que reporta una edad de 36 m.a. (Roldán, 1982).

Algunos autores (Radelli, 1986) interpretan la distribución de los intrusivos graníticos y sus diques asociados como los anillos anulares de calderas primitivas, y la presencia de rocas volcánicas como el resultado de la resurgencia del domo central. Estas estructuras han sido oscurecidas por la tectónica de Cuencas y Sierras dificultando su reconocimiento.

Otros cuerpos intrusivos hipabisales importantes son los domos riolíticos de Cerro de Oro y San Felipe éste último de 50 m.a. (Roldán, 1982) con mineralización asociada de metales base y preciosos.

Un tipo especial de rocas intrusivas son las pegmatitas que vienen asociadas genéticamente a los granitos laramídicos, principalmente a los granitos de dos micas peraluminosos como en la regiones de Aconchi (Roldán, et al., 1989) y norte de Hermosillo. Se presentan como diques de rumbo N10^0-40^0 W con poca inclinación, un espesor de pocos centímetros hasta 30 m, y longitudes de 20 a 200 m; están constituidos por cuarzo, microclina, ortoclasa, albita muscovita, almandino, biotita y berilo.

La edad de la pegmatita de Mazocahui es de 41.6 m.a. (Damon, 1983); su origen aún no está bien definido, los cuales representan niveles profundos de erosión expuestos probablemente por levantamientos isostáticos (Roldán, 1991).

Estructuralmente la región ha sufrido una evolución tectónica muy compleja. Esta evolución se refleja en el grado variable de deformación que exhiben las rocas precámbricas las cuales presentan un bandeamiento o foliación con rumbo EN (Silver y Anderson; 1981) y un patrón de plegamiento complejo, poco conocido por falta de estudios detallados. En el Cerro de Oro las rocas precámbricas cabalgan a las rocas cretácicas con vergencia hacia el E-EN, probablemente debido a la fase orogénica nevadiana (Castro y Morfín, 1988).

Las rocas paleozoicas presentan plegamientos de rumbo E-EN y están replegadas por un segundo sistema N-S (Roldán, 1982). La ausencia de rocas del Triásico-Jurásico sugiere una emersión de la región en ese tiempo (Rangin, 1981).

Las rocas cretácicas están deformadas por la fase mesocretácica y no la laramídica. (Castro y Morfín, op. Cit.).

Al norte de Aconchi y sur de la Sierra de Mazatán los granitos tienen deformación

tipo Complejo de Núcleo Metamórfico que consiste en lineación y fallas de ángulo bajo (Anderson, et al., 1980; Roldán, 1989),

En la Sierra El Jaralito las rocas intrusivas tienen una lineación con dirección N35^0-50^{0}E que no afecta a las pegmatitas; así como otro período de deformación en estas rocas que está dado por el emplazamiento de diques andesíticos que cortan a la pegmatitas. (Roldán, 1989).

A fines del Oligoceno y principios del Mioceno se inicia la tectónica de distensión de Cuencas y Sierras con el desarrollo de un fallamiento normal de rumbo N10^0-25^{0}W. Este fallamiento dió origen a la morfología de Sierras y Valles Paralelos.

Las rocas volcánicas y clásticas del Terrno Tardío no están deformadas, solo muestran inclinaciones leves al WSW y al ENE por fallamiento.

Las rocas del Plioceno y cuaternario no presentan deformación extensional.

Los eventos anteriores han producido varios sistemas de fallas y fracturas, de los cuales los más notables son los de rumbo N10^0-60^{0}W, estos son los que dieron origen a bloques tectónicos levantados que forman las principales sierras así como a los bloques hundidos.

Hacia el poniente de la carta predominan las fallas de rumbo N60^{0}W que probablemente están asociadas a la Apertura del Golfo de California (Rodríguez, 1993). Otro sistema de fallas con rumbo N45^0-60^{0}E controló el emplazamiento de diques en las rocas graníticas.

La mineralización dentro de la carta está representada por vetas, depósitos de contacto chimeneas brechas hidrotermales y diseminados que están genéticamente asociados a los intrusivos laramídicos y sus rocas encajonantes.

Las manifestaciones de mineralización son más abundantes en la porción oriental de la carta donde se ubican las principales regiones y distritos mineros como son:

El Crestón al sur de Opodepe, con mineralización de molibdeno y cobre en vetillas y stockwork dentro de un granito, donde se han cubicado reservas por más de 100 millones de toneladas (Pérez, 1985).

En el Cerro de Oro, al surponiente de Rayón, se tienen importantes depósitos de contacto con sulfuros de zinc y cobre; vetas, brechas hidrotermales y diseminados con mineralización de zinc, cobre, oro, plata y plomo en rocas precámbricas y cretácicas.

En el distrito de San Felipe al norponiente de Aconchi, se tienen depósitos de contacto con mineralización de plomo, zinc, plata, cobre y vetas de cuarzo auríferas, en rocas cretácicas afectadas por un pórfido granítico.

Al surponiente de Baviácora se han

explotado cuerpos irregulares con mineralización de Tungsteno en el contacto de granito con calizas paleozoicas. En las pegmatitas se ha reconocido mineralización de berilo.

En el extremo nororiental de la carta existe una brecha hidrotermal mineralizada (Washington) con cobre, molibdeno y tungsteno donde se han cubicado reservas por 1.5 millones de toneladas (CRM, 1992).

Al norponiente de Hermosillo, en el distrito minero La Verde se presentan depósitos de contacto (Skarns) con mineralización de cobre, zinc, plata y oro en calizas peleozoicas afectadas por un granito.

En la mina el Tecolote, en el extremo norponiente de la carta se tienen depósitos de contacto y brechas con mineralización de cobre y zinc con cantidades menores de molibdeno y tungsteno (C.R.M., 1992).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL.

La información contenida en la carta magnética Hermosillo H12-8 escala 1:250 000; tiene por la misma escala del mapa alcance de carácter regional. A partir de estos datos aeromagnéticos es posible interpretar indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo en base al contraste de magnetización de los materiales del subsuelo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas tales como intrusivos, rocas sedimentarias y metamórficas, rocas volcánicas ácidas y básicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales.

En la presente carta se realizó una interpretación cualitativa de carácter regional en donde se indican los rasgos magnéticos principales, estos resultados están a discusión y se proporcionan como una base para análisis más profundos, de acuerdo con el objetivo y el uso de la información.

Para obtener la información con más detalle en áreas específicas de interés que hayan sido seleccionadas de ésta carta, se requiere llevar a cabo una interpretación más cuantitativa, realizando cálculos y modelado que proporcionen datos de profundidad de los cuerpos magnéticos y espesores de las unidades litológicas que cubren a estos cuerpos magnéticos. Para este fin se deberá trabajar a escalas 1:50 000 ó 1:20 000 seleccionando sucesivamente áreas más reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos, geoquímicos y geofísicos a detalle.

En la carta Hermosillo H12-8 se identificaron 6 unidades magnéticas indicadas con las letras A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 y C_2; las cuales se diferencian de acuerdo a la intensidad de magnetización,

gradiente magnético y amplitud dipolar; la distribución y características geofísicas de estas unidades se explican a continuación (Figura No. 2).

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

La unidad magnética A_1 se caracteriza por su respuesta en forma de monopolos magnéticos positivos, su intensidad varía de -50 a +150 nT. Esta unidad A_1 tiene amplia distribución en toda la carta y principalmente hacia el oriente y nororiente donde estos dominios son más amplios; las anomalías abarcan superficies del orden de 1000 Km² y están constituidas por una asociación de polos positivos con intensidad predominante de 0 a 100 nT. Las anomalías se correlacionan con afloramientos de rocas graníticas cretácicas con remanentes de rocas volcánicas ácidas terciarias y en las partes bajas están cubiertas por rocas detríticas continentales terciarias y cuaternarias.

Al sur del dominio magnético A_1 del extremo nororiente, se ubica la región aurífera de Cerro de Oro y al oriente se localizan las regiones polimetálicas de San Felipe y Cumobabi. (fuera de la carta)

En el extremo suroriental de la carta se interpreta una unidad magnética A_1, la cual cubre una superficie de 200 Km², se correlaciona parcialmente con el intrusivos granítico cretácico de la sierra de Mazatán, y está cubierta al poniente por los sedimentos detríticos continentales terciarios de la Formación Baucarit.

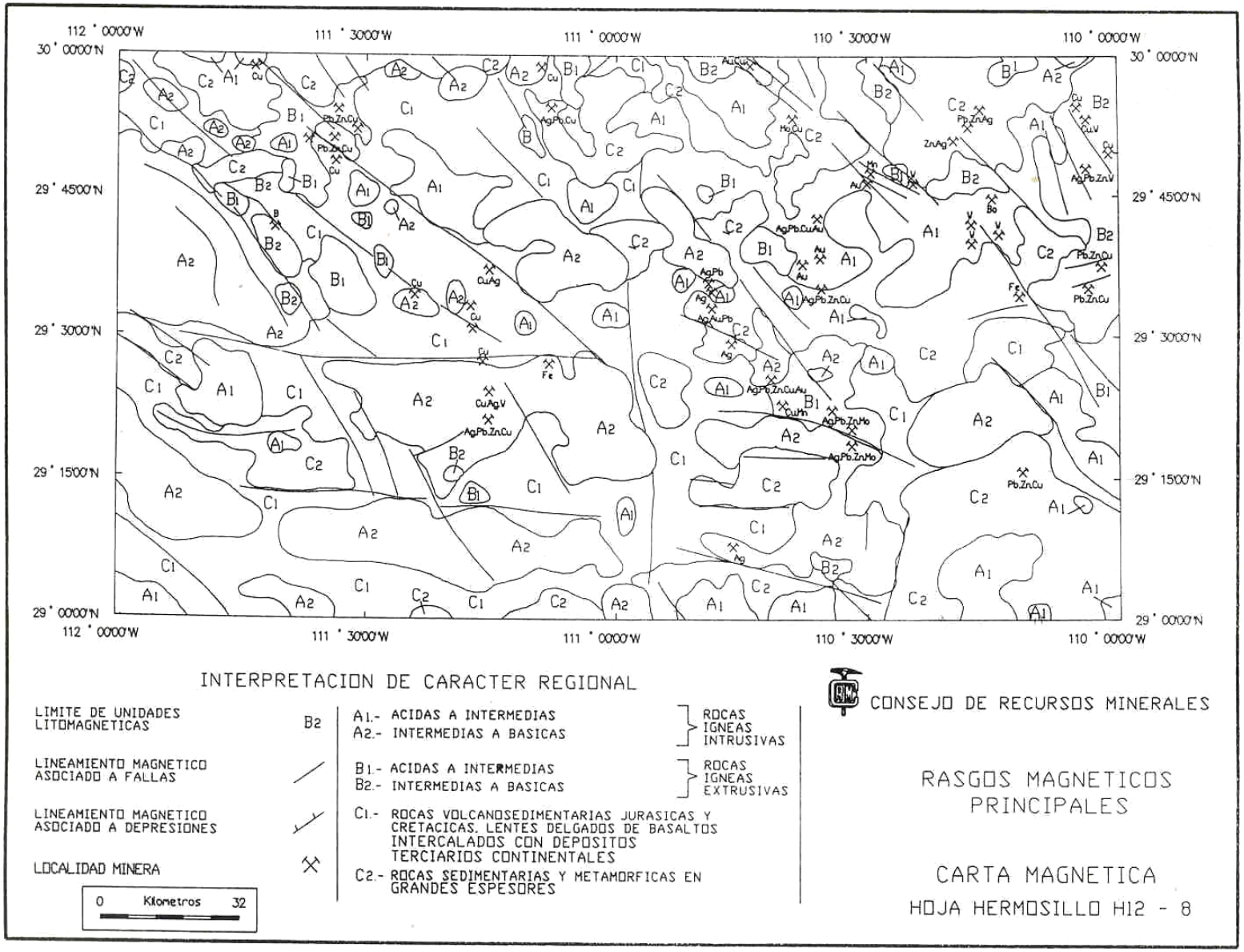
112 ° 0000'W
111 ° 3000'W
111 ° 0000'W
110 ° 3000'W
110 ° 0000'W
30 ° 0000'N
29 ° 4500'N
29 ° 3000'N
29 ° 1500'N
29 ° 0000'N
INTERPRETACION DE CARACTER REGIONAL
LIMITE DE UNIDADES LITOMAGNETICAS
B2
LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A FALLAS
LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A DEPRESIONES
LOCALIDAD MINERA
0 Kilometros 32
A1.- ACIDAS A INTERMEDIAS
A2.- INTERMEDIAS A BASICAS
ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS
B1.- ACIDAS A INTERMEDIAS
B2.- INTERMEDIAS A BASICAS
ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS
C1.- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS JURASICAS Y CRETACICAS. LENTES DELGADOS DE BASALTOS INTERCALADOS CON DEPOSITOS TERCIARIOS CONTINENTALES
C2.- ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS EN GRANDES ESPESORES
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
RASGOS MAGNETICOS PRINCIPALES
CARTA MAGNETICA
HOJA HERMOSILLO H12 - 8

FIGURA No. 1.

En la Sierra El Pajarito al extremo oriental de la carta, se localiza una unidad magnética A_1 de forma alargada delimitada por lineamientos magnéticos NW-SE. Esta unidad A_1 se atribuye a una porción oculta de la diorita El Garambullo, cubierta parcialmente por rocas más antiguas (granito y rocas paleozoicas) (Radelli, 1986).

En la porción central de la carta se presentan siete pequeños cuerpos magnéticos A_1 que se ubican dentro de las unidades magnéticas C_1 y C_2. Esta unidades A_1 tienen una disposición circular y se correlacionan parcialmente con rocas granítico-granodioríticas cretácicas que están cubiertas por rocas sedimentarias paleozicas, volcánicas terciarias y sedimentos detríticos continentales terciarios y cuaternarios. Existe mineralización polimetálica asociada en La Providencia, Los Angeles y Los Laureles (C.R.M., 1992).

En el extremo sur de la carta se interpretaron tres unidades magnéticas A_1 de forma monopolar, de las cuales la situada al oriente se correlaciona parcialmente con afloramientos de rocas graníticas cretácicas; las dos restantes están cubiertas por rocas sedimentarias paleozoicas, volcánicas terciarias y sedimentos detríticos continentales terciarios y cuaternarios.

En la mitad occidental de la carta se interpretan once unidades magnéticas A_1 ubicadas a lo largo de los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE. Esta unidades A_1 están constituidas por monopolos positivos aislados cuya intensidad alcanza +150 nT.

Al centro-norponiente de la carta, se interpretaron nueve unidades magnéticas A_1, los cuerpos magnéticos interpretados están emplazados a lo largo de un amplio y extenso lineamiento NW-SE, la mayoría de las unidades A_1 se correlacionan con intrusivos graníticos cretácicos, que están cubiertos parcialmente por rocas detríticas continentales. Hacia el norponiente de estos cuerpos magnéticos A_1 existe mineralización polimetálica que corresponde al distrito El Tecolote.

El surponiente de la carta se localizan cuatro unidades magnéticas A_1 de forma monopolar, de las cuales la que se ubica al norte se correlaciona con rocas graníticas cretácicas y las restantes están cubiertas por rocas clásticas recientes.

La unidad magnética A_2 se caracteriza por respuestas magnéticas dipolares y monopolares bien definidas, con intensidades magnéticas que van de +50 a 300 nT y en algunos casos hasta 700 nT. Las unidades A_2 se presentan en dos tamaños; anomalías de gran extensión y anomalías monopolares positivas aisladas de poca extensión.

En la porción occidental de la carta, se detectaron la mayoría de las unidades magnéticas A_2. Al surponiente se interpretaron tres cuerpos magnéticos A_2, de forma alargada con orientación E-W y longitud del orden de 50 Km, los cuales se correlacionan con afloramientos de rocas graníticas laramídicas. Gran parte

de estos dominios magnéticos están cubiertos por rocas sedimentarias paleozoicas, volcánicas terciarias y rocas clásticas continentales terciarias y cuaternarias, siendo esta cubierta de mínimo espesor hacia el extremo occidental de las anomalías. Existe mineralización de cobre y plata asociada en la mina La Verde.

Hacia el norponiente de la carta se presenta la unidad magnética A_2 de mayor extensión tiene forma monopolar y rumbo general NW-SE quedando abierta hacia el W. Se correlaciona parcialmente con afloramientos de rocas graníticas cretácicas y sedimentos detríticos y cuaternarios. En la verificación de campo se observaron dentro del dominio de esta anomalía, diques dioríticos con minerales ferromagnéticos. No existen evidencias de mineralización asociada a este gran dominio magnético.

En el extremo norponiente de la carta se interpretaron tres pequeños cuerpos magnéticos A_2 de forma monopolar que están emplazados a lo largo de un lineamiento magnético NW-SE. Se atribuyen a intrusivos de composición intermedia que tienen correlación parcial con afloramientos de granitos cretácicos.

Al extremo norte de la carta, tres unidades magnéticas A_2 de forma dipolar, están cubiertas por rocas detríticas continentales recientes y rocas volcánicas ácidas terciarias. Hacia el oriente de éstas, existe mineralización de cobre y afloramientos de rocas graníticas.

En la porción central de la carta, se presentaron dos unidades magnéticas A_2 de forma irregular, las cuales se atribuyen a rocas intrusivas de composición intermedia controladas por los lineamientos magnéticos NW-SE. Existe correlación parcial con granitos de la Sierra La Cobriza y que en su mayor parte están cubiertos por rocas detríticas continentales y volcánicas terciarias.

Hacia el suroriente de la carta se detectó una extensa unidad magnética A_2 de forma irregular, la cual margina a un dominio magnético negativo representado por la unidad magnética C_2. Esta anomalía se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia y está cubierta por rocas sedimentarias paleozoicas, rocas volcánicas cretácicas y terciarias y sedimentos clásticos continentales. Existe mineralización polimetálica asociada en las minas de San Juan y La Ramona (C.R.M., 1992).

En el extremo oriente de la carta, se presenta un amplio monopolo magnético positivo que se ubica al sur del poblado Puerta del sol y se correlaciona con los afloramientos de la diorita Garambullo descrita por Radelli (1986).

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

Para apoyar la interpretación de las unidades A_1 y A_2 atribuíbles a intrusivos magnéticos; a los datos magnetométricos se les realizó una continuación de campo a 2000 m sobre el nivel del terreno, para eliminar la respuesta magnética de las capas superficiales de rocas volcánicas y volcanosedimentarias, dando por resultado en algunos casos, la persistencia de las anomalías magnéticas lo que refleja cuerpos magnéticos a profundidad correlacionándose con los intrusivos interpretados anteriormente (Figura 3); lo que confirmó la interpretación.

El sur de la carta, se interpretó en base a la continuación de campo a 2000 m, la presencia a profundidad de seis cuerpos magnéticos de forma monopolar y alargada que se encuentran controlados por el lineamiento magnético con rumbo general E-W, el cual intersecta y desplaza a un lineamiento NW-SE más antiguo. Los cuerpos magnéticos se encuentran sepultados y se manifiestan superficialmente en forma de diques de composición intermedia a básica.

En la porción nororiental de la carta se identifican dominios magnéticos negativos semicirculares y seccionados por lineamientos magnéticos con rumbo N25^{0}W, (Unidad C_2), los cuales están marginados por cinco cuerpos magnéticos sepultados atribuíbles a rocas intusivas de composición intermedia que afloran parcialmente en solamente tres de las cinco anomalías magnéticas detectadas. Existe mineralización aurífera correlacionable en la porción occidental (Cerro de Oro) de ésta estructura magnética semicircular, y polimetálica en su porción nororiental (San Felipe-Baviácora).

En el extremo norponiente de la carta, se identifica la porción la porción sur del gran dominio magnético negativo (Unidad C_2) de la región de Trincheras ubicada al norte, la cual forma parte externa del lineamiento NW-SE. Este dominio magnético negativo se asocia a rocas sedimentarias paleozoicas precámbricas que superficialmente están cubiertas en su mayor parte por sedimentos clásticos continentales terciarios y cuaternarios. La presencia de cuerpos intrusivos interpretados en su periferia, le confieren un marco geológico y geofísico semejante al dominio magnético negativo (Unidad C_2) de Santa Ana-Imuris, lo que hace a ésta zona altamente prospectiva para la presencia de yacimientos de oro diseminado tipo Carlin.

Las unidades magnéticas B_1 y B_2, se atribuyen a rocas volcánicas de composición ácida a intermedia e intermedia a básica respectivamente.

La unidad magnética B_1 está representada por intensidades de -200 a +150 nT, conforma altos, bajos y tendencias irregulares.

Al norponiente de la carta se localizan cuatro unidades B_1 de poca extensión, los dominios magnéticos tienen una orientación general de N45^{0}W, similar al rumbo de los afloramientos de rocas

volcánicas ácidas e intermedias de edad terciaria. En la porción norte-central de la carta se detectan cuatro unidades B_1 de dimensiones reducidas y que se atribuyen a la serie volcánica ácida a intermedia del Terciario Inferior Medio.

En las porciones nororiente y oriente de la carta, se presentan tres unidades magnéticas B_1 que se atribuyen a la serie volcánica ácida de la Sierra Madre Occidental.

La unidad magnética B_2 está constituida por una asociación de anomalías monopolares y dipolares de poca extensión pero de alta intensidad y distribución caótica, con intensidades magnéticas que varían de -200 a +250 nT alcanzando el alto en ocasiones valores hasta de 700 nT.

En el nororiente de la carta se presenta la mayor extensión de este dominio magnético representado por cuatro unidades magnéticas B_2. Los altos magnéticos se ubican dentro de los lineamientos magnéticos NW-SE, en forma de derrames fisurales de rocas volcánicas de composición intermedia a básica relacionadas a la tectónica distensiva de Cuencas y Sierras.

Al norponiente de la carta, se presentan dos unidades magnéticas B_2 de mínima extensión que se orientan a lo largo de fallas regionales con rumbo NW-SE, en forma de derrames fisurales de rocas volcánicas básicas.

En las porciones centro y sur de la carta, se detectan dos unidades B_2 de poca extensión y atribuibles a rocas volcánicas de composición intermedia a básica.

La unidad magnética C_1 se caracteriza por un dominio magnético que presenta anomalías monopolares de baja intensidad, de bajo gradiente y gran extensión; las intensidades magnéticas varían de -50 a+50 nT. Esta unidad C_1 tiene una amplia distribución, predominando su presencia en la porción occidental de la carta. Se atribuye a rocas sedimentarias y metamórficas de poco espesor no cubiertas por rocas volcánicas terciarias.

Algunos cuerpos intrusivos principalmente de dimensiones batolíticas que presentan ligeros cambio magnéticos también están involucrados en el dominio magnético C_1; así mismo este dominio incluye remanentes de poco volumen de rocas jurásicas y cretácicas volcanosedimentarias, rocas volcánicas ácidas de edad terciaria y derrames basálticos poco magnéticos.

La unidad magnética C_2 representa dominios magnéticos negativos bien definidos y de gran extensión, su intensidad varía de -150 a -50 nT.

Las unidades C_2 se localizan predominantemente en la porción oriental de la carta, constituyen dominios magnéticos negativos que se atribuyen a cuencas rellenas por sedimentos no magnéticos como son sedimentos paleozicos y mesozoicos que no han sido afectados por intrusivos magnéticos, así

como sedimentos clásticos terciarios y cuaternarios, y algunos intrusivos que contienen pocos minerales magnéticos. La mayor distribución de este dominio magnético negativo en la porción oriental de la carta, sugiere que el basamento granítico está más levantado hacia la porción occidental donde los sedimentos paleozicos y mesozoicos han sido casi totalmente erosionados.

En el extremo suroriental de la carta (Sierra de Mazatán), la unidad magnética C_2 circunda una amplia unidad magnética A_1 atribuible a un intrusivo granítico. La unidad C_2 abarca una superficie del orden de 900 Km^2 y se correlaciona con lo sedimentos clásticos continentales y derrames basálticos interestratificados de la Formación Baucarit.

En toda la superficie de la carta se interpretaron sistemas principales de lineamientos magnéticos atribuibles a fallas profundas que no siempre tienen manifestación superficial.

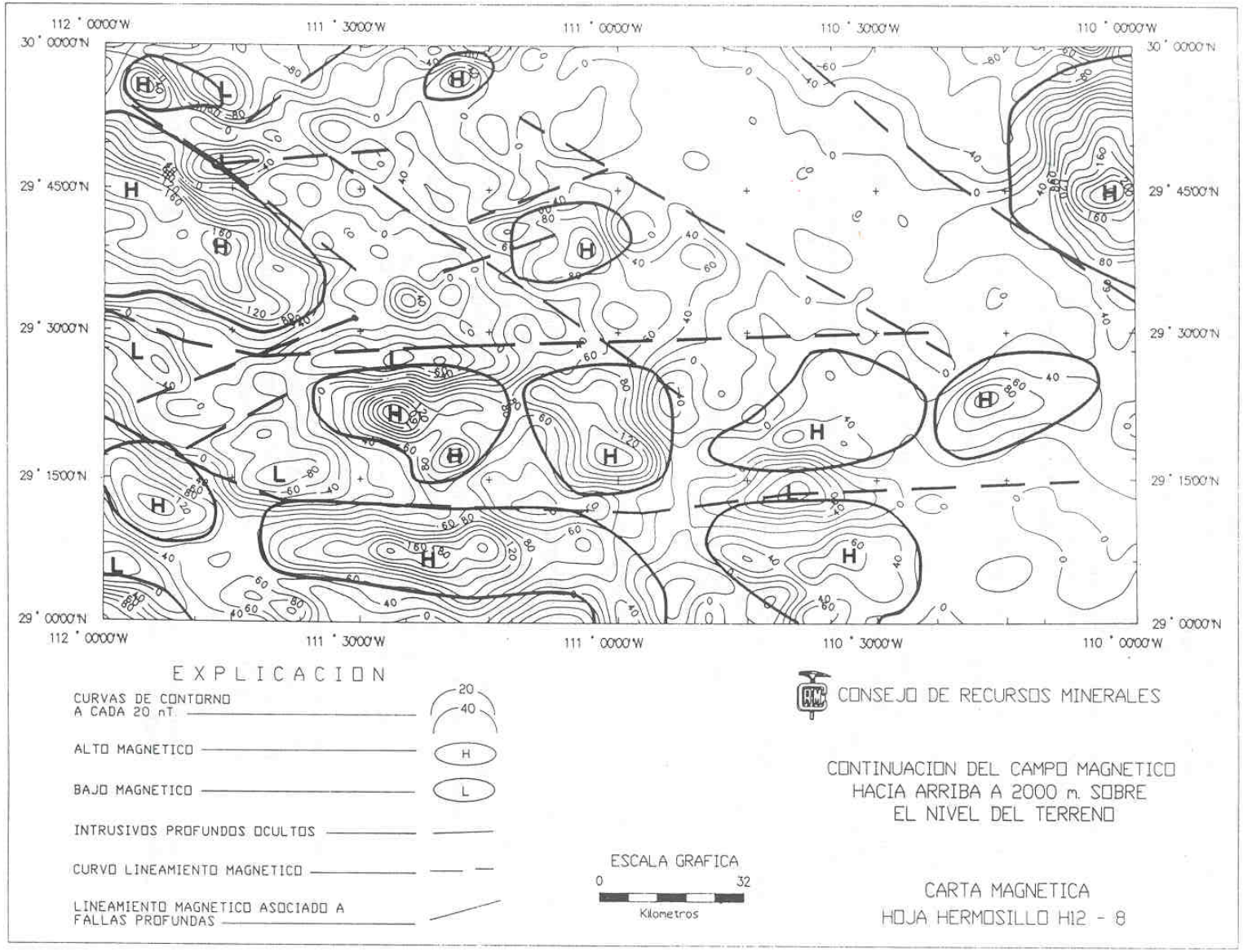
112 ° 0000'W
111 ° 3000'W
111 ° 0000'W
110 ° 3000'W
110 ° 0000'W
30 ° 0000'N
29 ° 4500'N
29 ° 3000'N
29 ° 1500'N
29 ° 0000'N
EXPLICACION
CURVAS DE CONTORNO A CADA 20 nT.
ALTO MAGNETICO
BAJO MAGNETICO
INTRUSIVOS PROFUNDOS OCULTOS
CURVO LINEAMIENTO MAGNETICO
LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A FALLAS PROFUNDAS
ESCALA GRAFICA
0
32
Kilometros
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
CONTINUACION DEL CAMPO MAGNETICO HACIA ARRIBA A 2000 m. SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO
CARTA MAGNETICA
HOJA HERMOSILLO H12 - 8

FIGURA No. 2.

Los lineamientos magnéticos NW-SE, con longitudes de hasta 100 Km, tienen amplia distribución en la carta y controlan el emplazamiento de la mayoría de las rocas intrusivas aflorantes, así como los derrames fisurales de rocas volcánicas básicas recientes.

Hacia la porción nororiental de la carta los lineamientos magnéticos NW-SE atribuibles a fallas regionales, delimitan y cruzan los dominios magnéticos negativos representados por la unidad C_2. Se sugiere que estos lineamientos NW-SE pueden ser el reflejo de la extensión hacia el suroriente de la traza hipotética del megacizallamiento Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1981; Pérez, 1985).

El segundo sistema interpretado está representado por los lineamientos magnéticos de rumbo E-W, con longitudes de hasta 75 Km. Estos lineamientos magnéticos E-W que intersectan a los lineamientos NW-SE más antiguos, se localizan en l porción sur de la carta y controlan el emplazamiento de grandes cuerpos magnéticos atribuibles a intrusivos de composición intermedia. Estos lineamientos magnéticos pueden ser la expresión de la zona de acreción de los terreno Caborca al norte y Cortés al sur como lo han establecido varios autores (Anderson y Silver, 1981; Campa y Coney, 1983; Stewart y Amaya, 1993); a lo largo de la cual se emplazaron los intrusivos laramídicos interpretados en esta carta (unidades magnéticas A_2).
Los lineamientos magnéticos N-S con longitudes que varían entre 20 y 100 Km se presentan al sur de la carta magnética y se interpretan como límites de las amplias depresiones rellenas de sedimentos detríticos producto de la tectónica distensiva de Cuencas y Sierras del Plio-Cuaternario.

Las principales regiones prospectivas por mineralización aurífera y polimetálica se ubican en la porción nororiental de la carta, en las estructuras magnéticas de las regiones mineras de Cerro de Oro y San Felipe-Baviácora. Geológicamente éstas regiones mineras se relacionan con la extensión suroriental de la traza del megacizallamiento Mojave-Sonora; las estructuras magnéticas indican gran deformación y desplazamiento de bloques corticales. Se recomienda la exploración de la periferia de los cuerpos magnéticos que están dispuestos en forma concéntrica, marginando los dominios magnéticos negativos atribuibles a cuencas sedimentarias. La mineralización es aurífera al poniente (Cerro de Oro), y de cobre al oriente (San Felipe y Baviácora).

Al norponiente de la carta, al sur de la región de Trincheras (Au) y al poniente del distrito minero de El Tecolote (Pb, Zn, Cu) se presenta una zona altamente prospectiva definida por cuerpos magnéticos atribuibles a intrusivos sepultados que marginan en su porción sur a un amplio dominio magnético negativo. Esta zona está cubierta por rocas sedimentarias paleozoicas y mesozoicas, así como por clásticos continentales terciarios y cuaternarios, y presenta grandes perspectivas de

exploración por oro diseminado.

Los cuerpos magnéticos detectados como unidades A_2 al surponiente de Ures, se consideran prospectables en la zona cubierta por rocas sedimentarias paleozoicas, mesozoicas y volcánicas del Terreno Inferior. En esta zona existe mineralización de skarn (Cu, Ag) y vetas polimetálicas (C.R.M., 1992).

La presencia de dominios magnéticos representan el emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos, ácidos a básicos, a través de una corteza continental intensamente fracturada que ha estado activa tectónicamente desde el Triásico-Jurásico sufriendo la acreción de terrenos exóticos, y que ha sido activada nuevamente por la apertura del Golfo de California. Estos cuerpos intrusivos y sus eventos hidrotermales asociados constituyen un factor muy importante para la presencia de mineralización económica dependiendo del tipo y edad de las rocas afectadas y de su nivel actual de erosión. La detección de estos intrusivos a profundidad y su asociación a zonas de debilidad corticales, es una valiosa aportación de la Geofísica con la cual se delimitan áreas reducidas para su exploración posterior mediante técnicas multidisciplinarias que conducen a evaluar nuevos depósitos minerales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Anderson, T.H., Silver, L.T. and Salas, G.A., 1980. Distribución and U-Pb isotope ages of some lineated plutons, northwest Mexico. Geol. Soc. An. Memoir 153 p. 269-283.

Anderson, T.H., and Silver, L.T., 1981. An overviewof Precambrian rocks in Sonora. UNAM. Inst. de Geología. Revista Vol. 5 Núm. 2 p. 131-130.

Arellano, A.R.V., 1956. Relaciones del Cámbrico de Caborca, especialmente con la base del Peleozoico: in Rodgers, J., de., El sistema Cámbrico, su paleogeografía y el problema de su base, pt II: Australia, America, México, D.F., Cong. Geol. Internal., 20 p. 509-527.

Bartolini, C., Damon, P.E., Shafiqullah, M. and Morales, M., 1994. Geochronologic contributions to the Tertiary sedimentary-volcanic sequences ("Baucarit Formation") in Sonora, Mexico. Geofísica Internacional. Vol. 33 Núm. 1, p. 6777.

Briggs, I.C., 1974. Machine contouring using minimun curvature (spline). Geophysics V. 39, p. 1-39.

Campa, M.F. and Coney, P.J., 1983. Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. Can. J. Earth Sci. Vol. 20. P. 1040-1051.

Castro, A., y Morfín, S.V., 1988. Contribución a la geología del área Cerro de Oro. Bol. Depto. Geol. UNI-SON, Vol. 5 No. 1 y 2 p. 25-39.

Cocheme, J.J., 1985. Le magmatisme cénozoique dans le nordouest du Mexique Cartográphie de la región Yecora-Maycoba-Mulatos. Ilustration magmatique de la fin d´ un regime en subduction magmatique et du passage a un regime distensif. These Docteur és Sciences. Université d´ Aix Marseille, Fac. del Sciences et Tecniques de St. Jerome. France.

Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía geológico-minera del estado de Sonora. Publicación M-8e. Coordinación: José Cárdenas Vargas, SEMIP p. 19-220. Damon, P.E.; Shafiqullah, M.; Roldán, Q.J. y Cocheme, J.J., 1983. El Batolito Laramide (90-40 M.A.) de Sonora. Mem. XV. Conv. Nal. AIMMGM, México, P. 63-95.

Damon, P. E.; Shafiqullah, M.; Roldán, Q. J. y Cocheme, J. J., 1983. El Batolito Laramide (90-40 M. A.) de Sonora. Mem. XV. Conv. Nal. AIMMGM, México, p. 63-95.

Figueroa, V.M.C. y Grijalva, H.A.S., 1989. Geología de la Carta Opodepe. Tésis Profesional. Depto. Geol. UNI-

SON. Hermosillo, Sonora, México.

IAGA, División V., Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992. International Geomagnetic Reference Field, revision 1991. Geophysics v. 57 No. 7 p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1982. Carta Geológica Hermosillo (H12-9), esc. 1:250 000. 1ª. Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1982. Carta Geológica Hermosillo (H12-8), esc. 1:250 000 2ª. Impresión.

León and Miller, C.P., 1981. Geology of the Creston Molibdenum - Cooper deposit, in Ortlieb, L., Roldan, Q.J., eds. Geology of Northwestern Mexico and southern Arizona, Inst. de Geol. UNAM. Hermosillo, Sonora, Mexico. P. 223-238.

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

Pérez, S.E., 1985. Carta metalognética de Sonora, escala 1.250 000, una interpretación de la metalogenia de Sonora. Dirección de Minería, Geología y Energéticos del Gobierno del Estado de Sonora, publicación Núm. 7.

Radeli, L., 1986. An assay on the southern Basin and Range bol. Depto. de Geología. UNIV. de Sonora, México. Vol. 3 No. 1 p. 51-146.

Rangin, C., 1981. Aspectos geodinámicos de la región noroccidental de México. UNAM. Inst. de Geol. Rev. Vol. 5 No. 2 p. 186-194.

Rodríguez, C.J.L. 1981. Notas sobre la geología del área de Hermosillo, Sonora. UNAM. Inst. de Geol. Revista Vol. 5 No. 1 p. 30-36.

Rodríguez, T.R., 1993. Sistema de fallas en la provincia “Basin and Range” en Sonora central como resultado de la apertura del Golfo de California. III Simposio de geología de Sonora y áreas adyacentes. UNAM. Inst. Geol. UNI-SON. p. 108-109.

Roldán, Q.J., 1982. Evolución Tectónica del estado de Sonora. UNAM. Inst. de Geol. Revista vol. 5 No. 2 p. 178-185.

Roldán, Q.J., 1989. Geología de la hoja Baviácora, Sonora. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología, Revista Vol. 8 Núm. 1 p. 1-14.

Roldán, Q.J., Lozano, S.R. y Arrazolo, R.S., 1989. Pegmatitas de la Sierra El Jaralito al suroeste de Baviácora, Sonora. Univ. Nal. Autón. México. Inst. de Geología Revista Vol. 8 Núm. 1 p. 15-22.

Roldán, Q.J., 1991. Geology and chemical composition of the Jaralito and Aconchi batholiths in east-central Sonora, Mexico. In Pérez- S.E., and jaques-A.C., eds., Studies of Sonoran Geology: Geological society of America Special Paper 254. P. 69-80.

Stewart, J.H., 1992. Late Proterozic and Peleozoic southern margin of North America in northern Mexico. In Geology and Mineral Resources of northern Sierra Madre Occidental, Mexico. Guidebook for the 1992 Field Conference. El Paso Geologycal Society. p. 291299.

Stewart, J.H. and Amaya, M.R., 1993. Stratigraphy and structure of Sierra Santa Teresa near Hermosillo, Sonora, México: a preliminary appraisal. III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes. UNAM. Inst. de Geol. UNI-SON. p. 118-119.

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