CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA | SE

TEXTO GUÍA
CARTA MAGNÉTICA
"CANANEA" H12-5

ESCALA 1:250,000

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

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- *Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1995.* *© Derechos Reservados.*
- ISBN 968-6710-20-5 (SERIE COMPLETA) ISBN 968-6710-47-7 (CANANEA H12-5)
  Segunda Impresión 2001.

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN 1

I METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO AEROMAGNÉTICO 1

I.1 Fuentes de información 1

I.2 Parámetros del levantamiento 1

I.3 Procesamiento de datos 2

I.4 Características de la carta 3

II SÍNTESIS GEOLÓGICA 3

III DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL 7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 12

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1.- Mapa de localización ..... entre 3 y 4

Figura 2.- Interpretación magnética litoestructural ..... entre 7 y 8

Figura 3.- Continuación del campo magnético hacia arriba
a 2000 m sobre el nivel del terreno..... entre 9 y 10

INTRODUCCIÓN

El Consejo de Recursos Minerales elabora cartas geofísicas aeromagnéticas, las cuales pretenden cubrir las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional, basándose en 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 del INEGI, forma parte de una serie de publicaciones de este tipo y aportará información básica que permita fundamentar futuras exploraciones.

La carta magnética Cananea H12-5 contiene información en una superficie de 21 269 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 1983 y 1994.

En el análisis cualitativo de la carta Cananea se delimitaron en el ámbito regional las expresiones magnéticas más obvias como son; la presencia de rocas intrusivas sepultadas, distribución de rocas ácidas y básicas, mayores espesores de rocas sedimentarias, volcánicas y fallamientos regionales. De los rasgos geológicos del subsuelo interpretados, se buscaron condiciones geológicas favorables para contener depósitos minerales metálicos de acuerdo a las provincias metalogenéticas presentes en la región.

Con base en lo anterior se proponen zonas potenciales para estudios geológicos y geofísicos a escalas más detalladas por eliminación de áreas sin interés. Estas son; la zona de Trincheras por yacimientos auríferos diseminados en rocas precámbricas, la región de Cucurpe-Arizpe por mineralización polimetálica, una franja al surponiente de Cananea por pórfidos cupríferos y la región de Santa Ana-Imuris prospectiva para la exploración de yacimientos de oro diseminado tipo Carlin en rocas mesozoicas.

I METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO AEROMAGNÉTICO

I.1 Fuentes de información

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en 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).

I.2 Parámetros y equipos utilizados en los levantamientos

Para los objetivos mineros a los cuales El CRM está dedicado, durante 1983, se efectuaron los levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos

de contorno con una 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 vuelo se llevó a cabo, mediante el sistema de navegación visual; en el año de 1994 se realizó un vuelo complementario para cubrir las áreas faltantes de la carta Cananea, con líneas de rumbo N-S, separación de 1000 m. y altura de vuelo de 450 m., el posicionamiento de trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel.

En el año de 1983, el levantamiento se realizó con 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 CS-2, con resolución de 0.001 nT con sensor fijo, una tarjeta procesadora marca Picodas (magnetómetro).

I.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 digitalizar los vuelos realizados en el año de 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 1983.

b) Formación de archivos

La información quedó 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 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 Cananea se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z, y se utilizó el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974) para la generación de curvas de contorno cada 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 realizó en un plotter de inyección de tinta.

I.4 Características de la carta

La carta magnética Cananea H12-5 escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI contiene información que abarca una superficie de 21,269 Km^2, (Figura 1).

Los intervalos de color al igual que las curvas isomagnéticas se seleccionaron cada 50 nanoteslas, indicando los bajos magnéticos en tonos de verde y azul 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 los dominios litomagnéticos 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).

II SÍNTESIS GEOLÓGICA

La carta magnética Cananea H12-5 comprende la porción norte-central del estado de Sonora, cerca de la frontera con Estados Unidos.

Las unidades litológicas que afloran en la superficie de la carta están representadas por rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas cuyas edades varían desde el Precámbrico al Reciente.

Las rocas más antiguas, que constituyen el basamento de la región, son de edad precámbrica y están representadas por dos conjuntos de rocas bien definidas, un conjunto antiguo constituido por rocas metamórficas derivadas de rocas ígneas y sedimentarias de 1600 a 1800 m.a. y un conjunto de 1100 m.a. (Precámbrico Tardío) compuesto de rocas sedimentarias, cuarcitas y dolomitas, que cubren en discordancia angular al anterior. Estas rocas afloran en la porción suroeste y extremo noreste de la carta y han sido estudiadas por varios autores. (Anderson y Silver, 1973, 1978, 1981; Cooper, et al, 1952).

En base a las edades de las rocas metamórficas del Precámbrico, Silver y Anderson (1974 y 1979) interpretan la presencia de una falla lateral siniestra de dimensiones continentales a la que denominaron megacizallamiento Mojave-Sonora que divide al norponiente de Sonora en dos terrenos tectonoestratigráficos: al nororiente el Terreno de Norteamérica (Campa y Coney, 1983) con rocas precámbricas de 1600-1700 m.a. y al centro-norte el Terreno Caborca con rocas de 1700-1800 m.a.

Las rocas precámbricas del Terreno Caborca afloran al surponiente de Trincheras en las sierras Salada, El Rajón y Santa Rosa y consisten de filitas de la facies de esquistos verdes y esquistos de la facies almandita-anfibolita, cuarcita, metariolita y gneises de biotita cuarzofeldespáticos intrusionados por pegmatitas y granitos precámbricos, mesozoicos y terciarios (Silver y Anderson, 1978). En la porción surponiente de la carta, rocas sedimentarias del Precámbrico Tardío afloran en la Sierra El Rajón y la región de Caborca (fuera de la carta), consisten estas de una secuencia miogeoclinal de cuarcitas, calizas con horizontes de estromatolitos y lutitas que cubren discordantemente a las rocas metamórficas (Anderson y Silver, 1981).

Las rocas precámbricas eugeoclinales del Terreno de Norteamérica de 1680 ± 20 m.a. afloran en el extremo nororiente de la carta en la región de Cananea y sierra Los Ajos, consisten de granitos, gneises y esquistos de la facies de esquistos verdes. (Silver y Anderson, 1978)

Las rocas paleozoicas tienen poca distribución superficial en el área de la carta y las pocas reconocidas están muy dispersas. En la región de Cananea y Sierra Los Ajos afloran la Cuarcita Bolsa y la Formación Abrigo (calizas y lutitas) de edad cámbrica (Valentine, 1936), estas formaciones cubren discordantemente a las rocas

precámbricas. También se han identificado rocas pérmicas. Se desconoce la distribución a profundidad de las rocas paleozoicas aunque su espesor se calcula en más de 3000 m. (Roldán, 1982).

Las rocas mesozoicas cubren discordantemente a las paleozoicas y están distribuidas principalmente en la porción central de la carta, comprenden rocas sedimentarias, volcánicas y volcanosedimentarias.

El Jurásico está representado por una secuencia volcanosedimentaria constituida por rocas volcánicas, sedimentarias y plutónicas que se interpretan como consecuencia de un arco magmático sobre corteza continental emplazado a lo largo del megacizallamiento Mojave-Sonora como resultado de una zona de subducción (Coney, 1980).

La distribución de las rocas jurásicas comprende una franja de rumbo NW-SE que abarca casi toda la mitad surponiente de la carta, tienen más de 1000 m. de espesor y su edad comprende del Liásico al Oxfordiano (Roldán, 1982). Estas rocas afloran ampliamente en la región de Cucurpe, donde González (1993) reporta la presencia de amonites y belemnites que indican una edad Oxfordiano Tardío.

En la región de Santa Ana y Magdalena aflora un conjunto de rocas metamórficas (filitas, micaesquistos, cuarcitas, mármoles y gneises cuarzofeldespáticos) que tradicionalmente se habían considerado de edad precámbrica, sin embargo, con el desarrollo del concepto de los Complejos de Núcleo Metamórfico se ha definido que éstas rocas son de edad jurásica con metamorfismo adquirido en el terciario (Coney, 1980).

El Cretácico Inferior está representado por depósitos marinos marginales a someros del Grupo Bisbee, depositados en una cuenca de postarco (Jaques, et al., 1993), los cuales consisten de conglomerados, areniscas, limolitas, sedimentos volcanoclásticos y calizas que comprenden las siguientes formaciones: Conglomerado Glance, Formación Morita, Caliza Mural y Formación Cintura que en conjunto alcanzan espesores de 800 a 2500 m. (Araujo, 1993).

Estas rocas afloran principalmente en Arizpe, Imuris, Santa Ana y al norte de Cucurpe, donde contienen importantes depósitos de oro diseminado.

Las rocas del Cretácico Superior están representadas por rocas de origen continental (fluvial, deltaico y lacustre), incluyen las formaciones Snake River, Arenisca Camas, Lutita Packard, capas rojas y tobas riolíticas que alcanzan un espesor de hasta 2500 m. y afloran en el extremo nororiente de la carta, dentro de la Cuenca La Cabullona.

Al nororiente de Altar (Cerro El Amol) afloran rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico Superior que están intensamente deformadas y presentan un metamorfismo retrógrado a facies de esquistos verdes (Jaques, et al., 1993).

Rocas volcanosedimentarias del Cretácico Superior-Terciario Inferior constituidas por derrames andesíticos, riolíticos y riodacíticos con lentes de areniscas tobáceas, lutitas, calizas y bandas de pedernal afloran al oriente de Banamichi, en la Sierra El Pinito al surponiente de Cananea en la porción oriental del estado. (Rangin, 1978).

El Cenozoico en Sonora se caracteriza por una intensa actividad volcánica y depósitos clásticos de origen continental. En general las rocas volcánicas del terciario se dividen en dos series, el Complejo Volcánico Inferior constituido principalmente por derrames andesíticos cuya edad varía de 100 a 45 m.a. (Henry, 1975); están interdigitadas con sedimentos que contienen fósiles del Cretácico Superior y están cubiertas discordantemente por una gruesa cubierta de rocas volcánicas del Supergrupo Volcánico Superior formada por ignimbritas, derrames y tobas riolíticas con intercalaciones de lavas basálticas que tienen una edad de 32 a 23 m.a. (Oligoceno-Mioceno temprano) y que dieron origen a la Provincia Volcánica de la Sierra Madre Occidental. Estas dos secuencias son de afinidad calco-alcalina y fueron generadas por procesos de subducción (Mc Dowell

y Keizer, 1977); afloran principalmente en la parte oriental de la carta formando franjas alargadas de rumbo NNW-SSE y en general aumentan de espesor hacia el oriente, coronando las partes topográficas más elevadas (Sierra La Madera y Sierra Cucurpe).

Dentro del Terciario Temprano a Medio también se tienen rocas metamórficas que constituyen los enigmáticos Complejos de Núcleo Metamórfico, interpretados como levantamientos aislados de forma dómica constituidos de rocas metamórficas y plutónicas anormalmente deformadas que están cubiertas por una secuencia de rocas volcánicas o sedimentarias sin metamorfismo y han sufrido desprendimiento y dilatación (Coney, 1980). Todas las evidencias indican que estos complejos evolucionaron dentro del periodo de 55 a 15 m.a. (Eoceno Temprano-Mioceno Medio).

Las sierras de Guacomea y Magdalena ubicadas en la porción nortecentral de la carta, constituyen el centro del Complejo de Núcleo Metamórfico Magdalena cuya placa inferior comprende rocas precámbricas, jurásicas y cretácicas y la placa superior está formada por rocas precámbricas, jurásicas, cretácicas y rocas volcánicas del Terciario Medio. (Coney, op. cit.)

En el Oligoceno Tardío se inicia un evento de sedimentación continental y volcanismo bimodal contemporáneo en cuencas lineales limitadas por fallas debido a la tectónica distensional de Sierras y Valles que dio origen al depósito de conglomerados, areniscas y arcillas mal clasificados con horizontes de yeso, boratos e intercalaciones de derrames basálticos y tobas félsicas alteradas a zeolitas que en conjunto constituyen la Formación Baucarit (King, 1939), la cual comprende un intervalo de 27 a 10 m.a e incluye dos eventos volcánicos (Miranda y Gómez, 1993). Esta formación tiene un espesor muy variable, de 300 hasta 1000 m.

En varias localidades (Arizpe, suroriente de Santa Ana y surponiente de Cucurpe) afloran derrames de basaltos alcalinos asociados a fallas normales tipo Sierras y Valles que representan la actividad volcánica más reciente en la región con una edad de 10 a 8.5 m.a. (Damon, 1983). El Cuaternario esta representado por los depósitos no consolidados que afloran a lo largo de los principales ríos que drenan la región principalmente en la porción occidental de la carta, en el río Magdalena (Valle Imuris y región de Trincheras); y en el extremo suroriente de la carta, en el Valle del río Sonora.

En el norponiente de Sonora las rocas intrusivas se han diferenciado en base a geocronología isotópica, en cinco eventos intrusivos: Precámbrico Temprano, Precámbrico Tardío, Jurásico, Cretácico Tardío-Eoceno Temprano y Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano en forma de troncos y batolitos que afectan a las rocas preexistentes, cuyas dimensiones reales no se conocen ya que están limitados por fallas. (Damon, 1983) Prácticamente todos estos eventos están representados dentro del área de la carta; los granitos precámbricos de 1710 a 1750 m.a. (Anderson y Silver, 1981) afectan a esquistos y gneises en el extremo surponiente de la carta, otros granitos de 1410 a 1440 y de 1100 m.a. afectan a las rocas precámbricas en la región de Cananea, surponiente de Trincheras y al poniente de Banamichi, donde aflora un granito Precámbrico (Ortega, et al., 1993). En la Sierra de Guacomea aflora un granito Jurásico en la porción central del Complejo de Núcleo Metamórfico Magdalena. (Nourse, 1990)

El resto de las rocas intrusivas del Cretácico Superior al Eoceno (90 a 40 ma.) se consideran parte del batolito laramídico sonorense que tuvo por lo menos dos eventos magmáticos diferentes y está formado por granitos, granodioritas, monzodioritas de cuarzo y granitos leucocráticos de dos micas con granate.

Los granitos laramídicos están genéticamente relacionados a los pórfidos cupríferos y afloran en Cananea, norte de Arizpe, nororiente de Benjamín Hill y varias localidades en el extremo surponiente de la carta; reportan edades de 56.7 hasta 78 m.a. (Damon, 1983).

Los granitos leucocráticos de dos micas con gránate, afloran en la Sierra Magdalena, Sierra La Madera y Estación Llano, estos granitos dan edades isotópicas de 40 a 36 m.a. (Roldán, 1988)

y presentan características típicas de granitos corticales, Tipo I, alcalinos y metaluminosos con evidencias mineralógicas de emplazamiento profundo. (Lucero y Radelli, 1993)

Las relaciones isotópicas de Sr de estos granitos indican fuerte asimilación cortical, debido a la presencia del basamento precámbrico (Damon, 1983).

Estructuralmente, las rocas que afloran dentro de la superficie de la carta tienen diferente grado de deformación y plegamiento debido a la compleja evolución que ha sufrido la región, íntimamente ligada a la evolución tectónica de la cordillera occidental de Norteamérica que sufrió eventos de acreción, plegamiento y cabalgamiento (Orogenia Laramide), ocurridos durante el Mesozoico-Terciario Temprano y disturbios térmicos durante el Terciario Medio que dieron origen a los Complejos de Núcleo Metamórfico. Finalmente una tectónica distensional (Cuencas y Sierras) modeló el relieve característico de ésta región. Todos estos eventos estuvieron ligados a cambios en el régimen de movimientos de las placas tectónicas en el Pacífico Oriental (Atwater, 1970).

Uno de los rasgos estructurales más importantes dentro de la carta lo constituye el megacizallamiento Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1974, 1979) que actuó como falla transforme con movimiento lateral siniestro, su dirección es suroriente y longitud de hasta 800 Km., se postula que ocurrió durante el Jurásico Medio. La traza de ésta falla atraviesa la porción surponiente de la carta pasando al norte de Cerro Prieto y al sur de Benjamín Hill.

Durante el Cretácico se distinguen dos eventos de compresión: el primero en el Cretácico Medio (fase mesocretácica) donde se forman pliegues recostados hacia el nororiente y cabalgaduras de poca amplitud en la misma dirección (Rangin, 1981). El segundo evento corresponde a la compresión laramídica representada por pliegues y cabalgaduras en las rocas del Jurásico-Cretácico Inferior con vergencia hacia el nororiente acompañado de intenso plutonismo hipabisal (Rangin, 1981; Roldán, 1982).

En la región inmediata al oriente de Altar estos dos eventos han sido identificados y afectan a rocas jurásicas y cretácicas. Los principales sinclinales ocurren en la Sierra El Chante y Cerro El Amol (Jaques, 1993).

Un evento de deformación tectónica distensional en el Mioceno Medio produjo un fallamiento normal de rumbo N10^0-30^{0}W en la región de Tubutama y Magdalena, en la porción norte-central de la carta.

Las intrusiones laramídicas y terciarias también han deformado a las rocas preexistentes fracturándolas y produciéndoles un intenso plegamiento así como un metamorfismo térmico y dinámico.

La principal mineralización que existe dentro de la carta es del tipo pórfido cuprífero, aurífera, polimetálica y de hierro; la cual se presenta en forma de vetas, skarn, chimeneas, en stockwork y diseminada, se asocia genéticamente a intrusivos laramídicos emplazados a lo largo de zonas de fractura de rumbo NW-SE, y en menor escala NE-SW.

La región mineralizada más importante de la carta es el distrito minero de Cananea donde se ubica uno de los yacimientos de cobre porfídico más grande de México con más de 1100 millones de toneladas de mineral (CRM, 1992). Otro yacimiento importante de éste tipo es El Alacrán, al suroriente de Cananea que junto con La Caridad (fuera de la carta) forman una provincia cuprífera con orientación NW-SE que continúa hasta Arizona. La fuente de Cu, Mo y W de estos pórfidos cupríferos parece ser la corteza continental precámbrica (Pérez, 1985).

Al oriente de Magdalena, en el distrito minero de Santa Teresa, existen varios depósitos de oro diseminado, tipo Carlin, (Mc Kelvey, 1991) emplazados en sedimentos calcáreo- arcillosos del Cretácico Inferior afectados por troncos dioríticos. Algunos de estos yacimientos están actualmente en explotación a cielo abierto (Santa Gertrudis y La Amelia).

En la porción surponiente de la carta, existen varias manifestaciones auríferas en vetas, zonas

de brecha, de cizalla y diseminación. Silberman, et al., (1988) identifican cuatro tipos de yacimientos auríferos que forman una franja paralela al megacizallamiento Mojave-Sonora, con un gran potencial de exploración. Por otra parte en Estación Llano se ha evaluado un yacimiento aurífero (San Francisco) emplazado en rocas metamórficas jurásicas (Pérez, 1985).

El origen del oro diseminado en rocas precámbricas, en las vetas mesotermales y las zonas de cizalla, está asociado a granitos de origen profundo (Pérez, 1993).

En la región de Trincheras, al surponiente de la carta, se ubican importantes placeres auríferos derivados del basamento precámbrico, de vetas mesotermales y zonas de cizalla (Trincheras, La Ciénega y El Boludo). Al norte de Saracachi se tienen los placeres auríferos de la Brisca, derivados de sedimentos del Cretácico Inferior.

Al norte de Magdalena, en la porción norte-centro de la carta se ha reconocido mineralización aurífera relacionada a las fallas de desprendimiento del Complejo de Núcleo Metamórfico de Magdalena (Miranda y Gómez, 1993). También se tienen vetas de manganeso en la misma región.

Al nororiente de Cucurpe, norte de Saracachi y suroriente de Arizpe afloran varias vetas con mineralización polimetálica (Ag, Pb, Zn, Cu, Au) emplazada en sedimentos mesozoicos y rocas volcánicas terciarias.

Al nororiente de Benjamín Hill se ubica la más importante manifestación de fierro asociada a un intrusivo granítico laramídico.

En cuanto a minerales no metálicos, existen yacimientos de boratos, yeso y zeolitas asociados a los sedimentos que rellenan las cuencas extensionales del terciario de las regiones de Tubutama, Magdalena y Santa Ana, cuyo origen está relacionado al magmatismo que originó los Complejos de Núcleo Metamórfico (Miranda y Gómez, 1993).

III DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información contenida en la carta magnética Cananea H12-5, por la escala 1:250 000 del mapa tiene un alcance de carácter regional. A partir de estos datos aeromagnéticos es posible interpretar indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo 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; rasgos obtenidos con base en el contraste de magnetización de los materiales del subsuelo, el cual es originado por su composición mineralógica.

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 una 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 Cananea H12-5 se identificaron 6 grupos de dominios magnéticos indicados con las letras: A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 y C_2; diferenciadas de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar; la distribución y características geofísicas de estas unidades se explican a continuación (Figura 2).

Los dominios magnéticos identificados como A_1 y A_2 se atribuyen a rocas intrusivas de composición ácida a intermedia e intermedia a básica respectivamente.

Dada la ambigüedad que se obtuvo en la identificación litológica de los dominios A_1 y A_2 que pueden confundirse con los dominios B_1 yB_2; fue necesario realizar algunas verificaciones de campo para corroborar rasgos litológicos o evidencias estructurales que indiquen la presencia de cuerpos intrusivos ocultos o aflorando parcialmente.

El dominio magnético A_1 se caracteriza por su respuesta en forma de monopolos y dipolos magnéticos, su intensidad varía de +50 a +200 nT. Este dominio A_1 está ampliamente distribuido y se presenta en forma extensa en las porciones centro, sur, oriente y surponiente de la carta.

Los dominios magnéticos A_1 atribuibles la mayoría a intrusivos sepultados, se encuentran marginando un amplio dominio magnético negativo (dominio magnético C_2); se emplazan también en las zonas de debilidad interpretadas por los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE y NE-SW localizados al nororiente y centro-sur de la carta.

Los dominios A_1 ubicados en las porciones surponiente y centro de la carta, se correlacionan parcialmente con afloramientos de intrusivos asociados con mineralización aurífera en las regiones de Trincheras, Santa Gertrudis, La Amelia y Lluvia de Oro (C.R.M., 1992).

En la porción sur de la carta, se presentan cuatro cuerpos magnéticos A_1 que conforman una estructura semicircular y están cubiertos parcialmente por rocas detríticas continentales, volcánicas terciarias y rocas calcáreo-arcillosas cretácicas.

El dominio magnético $A_{2,}$ se asignó a las respuestas magnéticas dipolares y monopolares bien definidas, con intensidades magnéticas mayores de +200 y en algunos casos hasta +700 nT.

Estos dominios magnéticos A_2, se encuentran distribuidos principalmente en las porciones nororiente, surponiente y sur de la carta; se sugiere, debido a su intensidad magnética y su correlación parcial con afloramientos de intrusivo, que los dominios A_2 están emplazados a poca profundidad y constituyen bloques tectónicos que delimitan las cuencas sedimentarias fragmentadas por fallas regionales.

El tren de cuerpos magnéticos interpretados como A_2 que se presenta al extremo nororiente de la carta, parece estar controlado por un lineamiento que marca una discontinuidad cortical de rumbo N45^{0}W que a la vez margina la zona de pórfidos cupríferos al nororiente y la zona aurífera al surponiente.

Hacia el sur de la carta, en la intersección de los lineamientos magnéticos con rumbos NW-SE y NE-SW, se presenta un extenso dominio magnético A_2, de forma monopolar que se correlaciona con afloramientos de intrusivo y con mineralización ferrífera y aurífera en las poblaciones de Benjamín Hill y Estación Llano respectivamente.

Al oriente de la carta magnética, en la región minera de Cananea, se define la configuración en el subsuelo de diez dominios magnéticos A_2, de los cuales tres se correlacionan con afloramientos de intrusivo en el distrito Cananea (Au, Cu); los seis dominios A_2 restantes, ubicados al suroriente están sepultados bajo una cubierta de rocas volcanosedimentarias mesozoicas y volcánicas terciarias. Estas anomalias magnéticas interpretadas como respuestas de intrusivos están asociadas con mineralización de cobre y oro (Ortega,et al., 1992; C.R.M., 1992).

En el extremo suroriental de la carta, se definen seis dominios magnéticos A_2, de forma alargada y emplazados a lo largo de los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE. Estos se atribuyen a intrusivos de composición intermedia que afloran parcialmente en esta zona, los cuales están sepultados en la porción central por rocas detríticas continentales, volcánicas ácidas, intermedias y básicas terciarias y rocas sedimentarias arcillosas jurásicas y cretácicas. Existe mineralización polimetálica asociada en las regiones de Cucurpe, Arizpe y San Felipe.

Hacia el extremo surponiente de la carta se presentan dos dominios magnéticas A_2, uno de forma monopolar y el otro alargado, se correlacionan parcialmente en la parte central con rocas intrusivas graníticas cretácicas y diques dioríticos, también se correlacionan con rocas ígneas metamórficas precámbricas. Estos dominios magnéticos A_2 están cubiertos por rocas calcáreo-arcillosas paleozoicas, rocas sedimentarias jurásicas, volcánicas terciarias y rocas clásticas continentales terciarias y cuaternarias.

En el extremo norponiente de la carta, se ubican dos dominios magnéticos A_2 de forma dipolar y monopolar alargada, se atribuyen a rocas intrusivas sepultadas por rocas volcánicas y sedimentarias de edad jurásica, rocas volcánicas y detríticas continentales del terciario, además de sedimentos continentales del cuaternario.

Para apoyar la interpretación de los dominios A_1 y A_2 como intrusivos magnéticos, a los datos magnetométricos se les realizó una continuación de campo a 2000 m. sobre el nivel del terreno. Con esto se eliminó la respuesta magnética de las capas superficiales de rocas volcánicas y volcanosedimentarias; dando por resultado en algunos casos la integración de las anomalías magnéticas de la continuación de campo, que refleja cuerpos magnéticos a profundidad; correlacionándose con los intrusivos interpretados, en el mapa original, lo que confirma la interpretación. (Figura 3)

En la porción suroriental de la carta, se interpreta con base en la continuación de campo a 2000 m., un alto magnético de forma alargada con 55 Km. de longitud y 10 Km. de ancho. Esta extensa anomalía magnética se atribuye a rocas intrusivas sepultadas por rocas volcanosedimentarias mesozoicas y volcánicas terciarias y se asocia superficialmente con los distritos mineros de Cucurpe y Arizpe (Ag, Pb, Zn, Cu y Au) los cuales se localizan en el límite norte y oriente del cuerpo magnético interpretado.

En la porción surponiente de la carta, en la región de Trincheras; se integran a profundidad los dipolos y monopolos atribuíbles a rocas intrusivas de composición intermedia a básica. La anomalía integrada se asocia superficialmente con diques dioríticos y con mineralización aurífera en el Cerro Boludo y Cerro Colorado; la interpretación sugiere la presencia de un batolito oculto de probable composición diorítica.

En el extremo suroriental de la carta, se interpreta un cuerpo magnético de forma alargada, con dimensiones de 3 Km. de largo y 1.2 Km. de ancho, éste cuerpo magnético se atribuye a un intrusivo sepultado por rocas volcánicas terciarias y sedimentarias mesozoicas. El mismo se asocia superficialmente con la mineralización polimetálica de San Felipe.

Los dominios magnéticos B_1 y B_2, se atribuyen a rocas volcánicas de composición ácida a intermedia e intermedia a básica respectivamente.

El dominio magnético B_1 está representado por intensidades de -200 a +100 nT, conforma altos, bajos y tendencias irregulares. Se presenta en cuatro localidades aisladas de poca extensión, ubicadas al oriente y surponiente de la carta. Este dominio se atribuye a rocas volcánicas de composición ácida a intermedia.

El dominio magnético B_2 se caracteriza por una asociación de anomalías monopolares y dipolares de poca extensión pero de alta intensidad y distribución caótica, con intensidades magnéticas que varían de -300 a +450 nT.

Los dominios B_2 se presentan en las porciones poniente, centro, centro-sur y nororiente de la carta, esta última es la más extensa. Se orienta en dirección NW-SE, en forma de derrames fisurales de rocas volcánicas básicas a lo largo de fallas regionales relacionadas a la tectónica distensiva de Cuencas y Sierras

Los dominios magnéticos B_2 que se detectan al nororiente y suroriente de la carta, ocupan la mayor extensión y se correlacionan con afloramientos de rocas andesíticas y basálticas de la Provincia de la Sierra Madre Occidental. Los dominios B_2 localizados en la porción centro y sur

de la carta, se atribuyen a rocas basálticas producto de derrames fisurales.
El dominio magnético C_1 se caracteriza por presentar anomalías monopolares negativas de poca intensidad y gran extensión con intensidades que varían de -50 a + 50 nT. Algunos cuerpos intrusivos que responden con baja intensidad magnética, están integrados dentro del dominio magnético C_1; así mismo incluye rocas jurásicas y cretácicas volcanosedimentarias, rocas volcánicas ácidas de edad terciaria y derrames basálticos poco magnéticos.

El dominio C_1 tiene amplia distribución y cubre una superficie total del orden de 3000 Km^2, se localiza hacia las porciones nororiental, noroccidental, poniente y centro-sur de la carta. Este dominio C_1 envuelve al amplio dominio magnético negativo representado por el dominio C_2, se presenta a lo largo de los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE y NE-SW, sugiriendo la presencia de bloques levantados y fosas rellenas por rocas y sedimentos poco magnéticos de escaso espesor.

Los dominios magnéticos C_2 representan zonas de bajos magnéticos bien definidos y de gran extensión, varían de -300 a -100 nT de intensidad magnética. Estos dominios conforman un gran bajo magnético fragmentado por los lineamientos magnéticos con rumbos NW-SE y NE-SW, tiene dimensiones de 140 Km de longitud y 50 Km de ancho promedio.

El dominio magnético C_2 localizado en laporción central de la carta, se correlaciona con una potente secuencia de sedimentos calcáreo-arcillosos y rocas volcanosedimentarias de edad cretácica que contienen mineralización aurífera tipo Carlin.

Los dominios magnéticos C_2 ubicados al nororiente (región de Cananea) y surponiente (región de Trincheras) de la carta, se correlacionan al nororiente con una secuencia de rocas volcánicas y conglomeráticas terciarias y al surponiente con rocas sedimentarias mesozoicas y clásticas cuaternarias.

Dentro de la superficie de la carta se interpretaron dos sistemas principales de lineamientos magnéticos atribuibles a fallas profundas que no siempre tienen manifestación superficial.
Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE, mayores de 60 Km. de extensión, se interpretan como fallamientos corticales que sirvieron de conducto para el emplazamiento de intrusivos, lo cual se comprobará al determinar si los intrusivos asociados son contemporáneos a los eventos tectónicos. En el extremo surponiente de la carta se presenta un lineamiento asociado con intrusiones que afloran hacia la región de Trincheras, el cual se interrumpe en la porción central y cruza la gran cuenca sedimentaria definida por un amplio dominio magnético negativo. Hacia el nororiente otro lineamiento NW-SE está asociado con intrusiones, las cuales afloran en la región minera de Cananea.

Los lineamientos magnéticos NW-SE se atribuyen a fallas regionales que delimitan y cruzan el gran dominio magnético negativo, sugiriendo una relación genética con el megacizallamiento Mojave-Sonora, que de acuerdo a Anderson y Silver (1981), Coney y Campa (1987), Roldán y otros (1993) y Pérez (1985), constituye una discontinuidad de la corteza, debido a un gran accidente transforme izquierdo; la cual delimita los terrenos tectonoestratigráficos Caborca y Norteamérica.

El lineamiento magnético con rumbo NW-SE que se presenta en la porción surponiente de la carta (región de Trincheras), podría tener relación con la traza hipotética del megacizallamiento Mojave-Sonora, debido a que los lineamientos magnéticos del mismo rumbo presentes hacia la porción central y nororiental de la carta; parecen ser reflejos paralelos de ésta estructura; así como los trenes de cuerpos magnéticos orientados en la misma dirección.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NE-SW, con 25 Km. de extensión promedio que se localizan en las porciones centro y sur de la carta, desplazan hacia el nororiente la porción sur de los lineamientos NW-SE.

La mayoría de los dominios magnéticos A_1 y A_2 se ubican dentro de los lineamientos NW-SE Y NE-SW, por lo que se interpreta que éstos controlan el

emplazamiento de los cuerpos magnéticos atribuibles a rocas intrusivas, asociados con la mineralización aurífera y polimetálica conocida.

Basándose en la continuación de campo a 2000 m sobre el nivel del terreno, se confirmaron a profundidad los lineamientos magnéticos NW-SE y NE-SW (Figura 2).

Los lineamientos NW-SE localizados en las porciones nororiental y occidental de la carta, se interpretaron con longitudes que varían entre 100 y 120 Km., controlan el emplazamiento de cuatro cuerpos magnéticos en cada uno de los lineamientos interpretados; estos cuerpos magnéticos se extienden a profundidad y parecen estar relacionados con mineralización aurífera y polimetálica en las regiones de Trincheras y Cananea respectivamente.

El lineamiento magnético NE-SW localizado en la porción sur de la carta, se detecta a profundidad en una longitud de 180 Km., controla el emplazamiento de dos cuerpos magnéticos de grandes dimensiones, el primero ubicado en su intersección con el lineamiento NW-SE, en las cercanías del poblado de Benjamín Hill y el segundo emplazado a rumbo del lineamiento con dimensiones de 55 Km. por 10 Km. Este extenso cuerpo magnético de forma alargada se atribuye a rocas intrusivas y está mayormente sepultado por rocas volcánicas. Los dos cuerpos magnéticos están relacionados el primero, con mineralización ferrífera y aurífera en Benjamín Hill y Estación llano, y el segundo, con mineralización polimetálica en las regiones de Cucurpe y Arizpe.

Las principales zonas de interés geológico-minero para mineralización aurífera definidas a partir de la presente interpretación regional, se ubican en el dominio magnético C_2 de Santa Ana-Imuris abarcando una superficie del orden de 5000 Km^2, que se correlaciona con una gran cuenca sedimentaria que contiene los yacimientos de oro tipo Carlin de Santa Gertrudis, La Amelia y Lluvia de Oro. Se recomienda la exploración exhaustiva de esta depresión magnética, así como de los dominios magnéticos A_1 y A_2 que marginan y cruzan el dominio magnético C_2.

La región de Trincheras es altamente prospectiva ya que se interpretaron cuerpos intrusivos sepultados que pueden generar yacimientos auríferos relacionados con el Basamento precámbrico. Al sur de esta región, se localiza un dominio magnético negativo que abarca una superficie de 1800 Km^2 cubierta por rocas sedimentarias paleozoicas y mesozoicas, así como rocas clásticas cuaternarias. La presencia de cuerpos intrusivos interpretados en su periferia y dentro del dominio magnético negativo (dominio C_2), le confieren un marco geológico y geofísico semejante al dominio magnético negativo de Santa Ana-Imuris, lo que hace a esta región, de interés para la exploración de yacimientos de oro diseminado tipo Carlin. Adicionalmente, los lineamientos magnéticos y sus intersecciones definen zonas de fracturamiento y/o cizalla en el basamento que constituyen un marco estructural favorable para el emplazamiento de mineralización aurífera en vetas mesotermales y diseminada en las rocas precámbricas.

En la región minera de Cucurpe-Arizpe, donde se detectó un enorme cuerpo magnético sepultado, se recomienda la exploración en la zona proyectada a superficie con respecto al cuerpo magnético, ya que la presencia de mineralización polimetálica localizada en sus limites norte y oriente, la hace altamente prospectiva.

Los rasgos geofísicos que se asocian más a la mineralización económica son los dominios magnéticos A_1 y A_2 que representan cuerpos intrusivos sepultados y/o aflorantes cuyo emplazamiento fue controlado por zonas de debilidad cortical que son bien definidas por los lineamientos magnéticos con rumbos NW-SE y NE-SW.

Una zona de interés geológico-minero para mineralización aurífera y tipo pórfido cuprífero se localiza en el sector nororiental de la carta y está definida por una franja de 50 Km. de ancho delimitada por lineamientos magnéticos de rumbo N45^{0}W, dentro de la cual se ubican varios dominios magnéticos A_1 y A_2 que se interpretan como cuerpos intrusivos algunos de los cuales afloran en los alrededores de Cananea, pero hacia el extremo suroriente de esta franja están

sepultados por rocas volcánicas del Cretácico Superior-Eoceno y rocas clásticas continentales y volcánicas terciarias (Sierra El Manzanal y Valle de Baconuchi) que constituyen el principal obstáculo para su exploración minera. La mitad nororiente de esta franja tiene mineralización tipo pórfido cuprífero (Cananea, El Alacrán y La Caridad) y la mitad surponiente oro diseminado (Santa Gertrudis y La Amelia). La relación e implicaciones genéticas sobre ambos tipos de mineralización aún no han sido definidas, por lo que esta franja constituye un excelente blanco de exploración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, T.H. and Silver, L.T., 1978. The nature and extent of Precambrian rocks in Sonora, México. *in* Roldán-Quintana, Jaime y Salas, G.A., eds., Resumenes, Primer simposio sobre la geología y potencial minero en el estado de Sonora, UNAM, Inst. de Geología, p. 9-10.

Anderson, T.H. and Silver, L.T., 1979. The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora. Guidebook-Field Trip No. 27, GSA Annual Meeting. San Diego.

Anderson,T.H.andSilver,L.T.,1981.Anoverview of Precambrian rocks in Sonora. UNAM. Inst. de Geología Revista Vol. 5 núm. 2 p. 131-139.

Araujo-M.J., 1993. Evolución Paleogeográfica del Cretácico Inferior en la región noreste de Sonora. III simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes. Inst. de Geología. UNI-SON. p. 4-5.

Atwater, T., 1970. Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North América. GSA Bull. V. 81 p. 3513-3536.

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

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

Coney, P.J., 1980. Cordilleran Metamorphic Core Complexes: An overview. Geological Society of América, Memoir 153, p. 7-31.

Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía geológico-minera del estado de Sonora. Publicación M-8e. Coordinación Ing. José Cárdenas Vargas. SEMIP. p 19-220.

Cooper, G.A.; Arellano, R.V.; Johnson, J.H.; Okulitch, V.; Stoyanov, A. and Lochman, C., 1952. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwest Sonora México: Smithsonian Miscell. Coll., V. 119. 106 p.

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

González, L.C.; Lucas, S.G. and Kues B.S., 1993. Stratigraphy and paleontology of the Late Cretaceous Cabullona Basin, northwestern Sonora México. III simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes. Inst. de Geol. UNI-SON. p. 37-41.

Henry, C.D., 1975. Geology and Geochronology of the granitic batholitic complex, Sinaloa México: Unpublished PhD Thesis. University of Texas in Austin, 159 p.

IAGA, División V., Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1982. International Geomagnetic Reference Field, revisión 1991. Geophysics Vol. 57 No. 7 p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1984. Carta Geológica Cananea (H12-5), esc. 1:250 000. 1a. Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1992. Carta Topográfica Cananea (H12-5) esc. 1:250 000. 3a. Impresión.

Jaques, A.C.; García y B.C.; DeJong, K.A. ; Grajales, N.M.; López-M. and Layer, P.W., 1993. Age Constraints for Cretaceous-Early Tertiary thrusting and folding in northwest Sonora. III

simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes. Inst. de Geol. UNI-SON. p. 61-63.

King, R.E., 1939. Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of México GSA Bull. V. 50 p. 1625-1722.

Lucero, B.V. and Radelli, L., 1993. Eocene-Middle Miocene structural evolution of NW México (Sonora and Baja California). III simposio de la geología de sonora y áreas adyacentes. Inst. de Geol. UNI-SON. p. 69-71.

McDowell, F.W. and Keizer, R.P., 1977. Timing of Mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán México. GSA. Bull. V. 88 p.1479-1487.

McKelvey, G.E.; Rodríguez, J. y López L.J., 1993. Geología y exploración del distrito de Oro de Santa Gertrudis, Sonora, México. Memoria XX Conv. Nal. AIMMGM. México. p. 199-202.

Miranda, G.M.A. and Gómez, C.A., 1993. Non metallic and gold mineralization in Mid-Tertiary basins associated to Metamorphic Core complexes *in* Sonora, México. III simposio de la geología de Sonora y areas adyacentes. Inst. de Geología. UNAM. UNI-SON. p. 85-86.

Nourse, J.A., 1990. Tectonostratigraphic development and straín history of the Magdalena Metamorphic Core Complex, northern Sonora *in* G.C. Gehrels and J.E. Spencer, eds., Geologic excursions Through the Sonoran Desert region, Arizona y Sonora. Arizona Geol. Survey, Spec. Paper 7, p.155-164.

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

Pérez S. E., 1985. Carta Metalogenética 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.

Pérez S. E., 1993. Yacimientos de Oro y Plata en Sonora, México y sus relaciones con la geología regional. Contribuciones a la tectónica del Occidente de México. Monografía No. 1 Unión Geofísica Mexicana p. 147-174.

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

Roldán Q. J., 1982. Evolución tectónica del estado de Sonora. UNAM. Inst. de Geol. Rev. Vol. 5 No. 2 p. 178-185.

Silberman, M.L.; Giles, D.A. and Graubard,C., 1988. Characteristics of Gold deposits in northern Sonora, México: a preliminary report. Economic Geology Vol. 83 p. 1966-1974.

Silver, L.T. and Anderson, T.H., 1974. Possible left-lateral Early to Middle Mesozoic disruption at the southwestern North América Craton margin. GSA. Abs. with Progr. V. 9. p. 95.

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

Valentine, W.G., 1936. Geology of the Cananea mountains, Sonora, México. Geol. Soc. América, Bull. V. 47 p. 53-86.

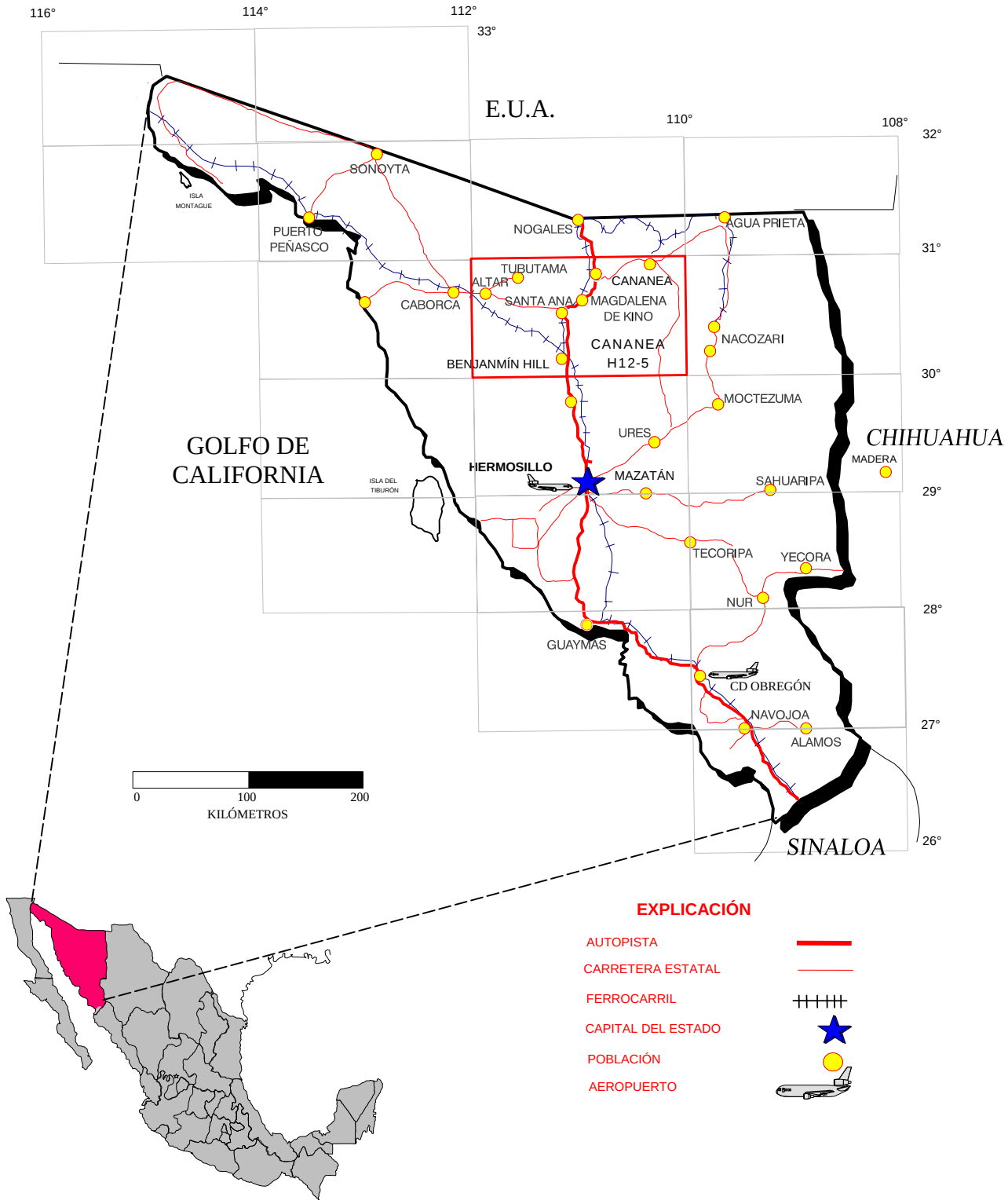
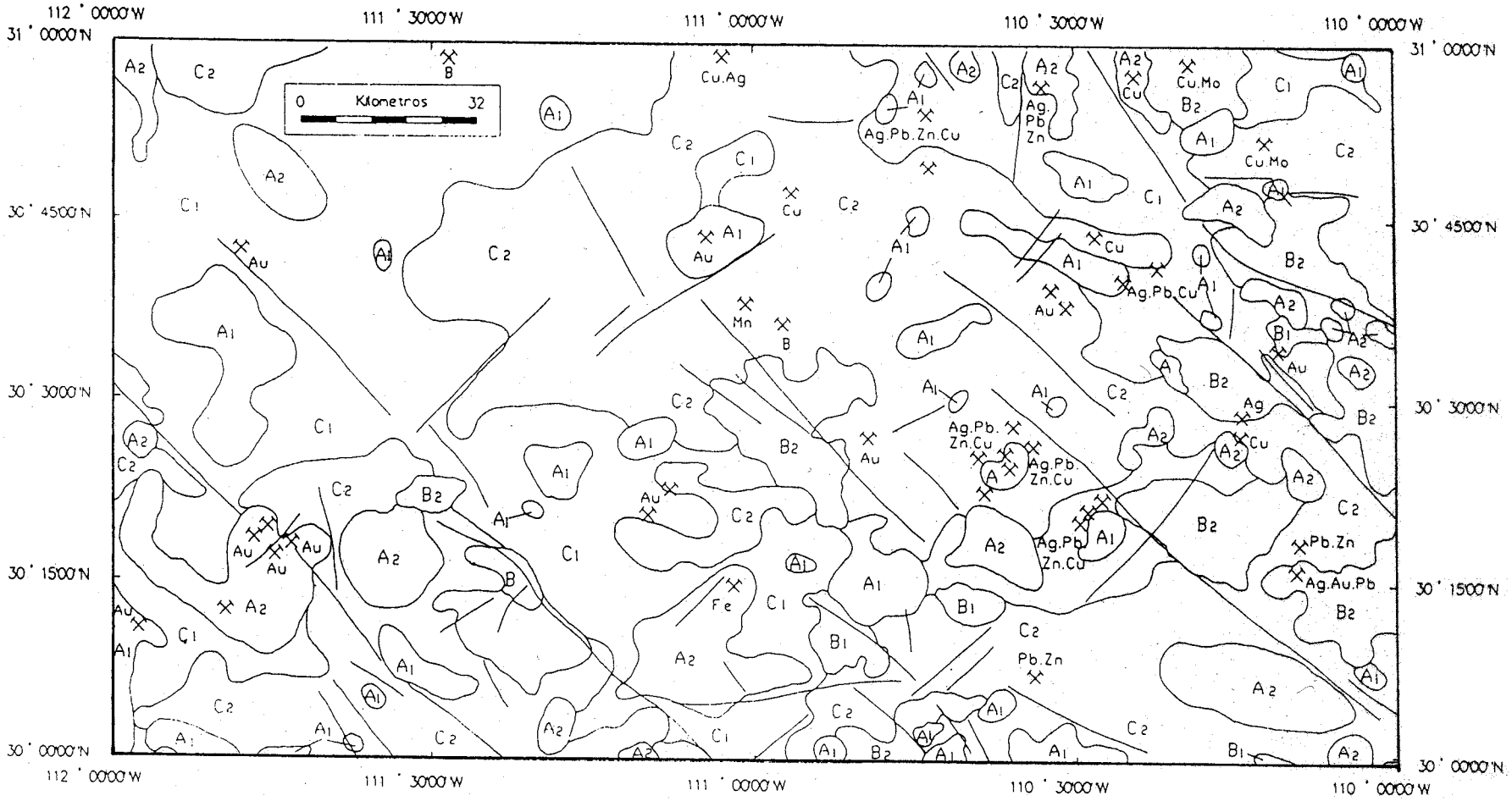


FIGURA 1 .- MAPA DE LOCALIZACIÓN



INTERPRETACION DE CARACTER REGIONAL

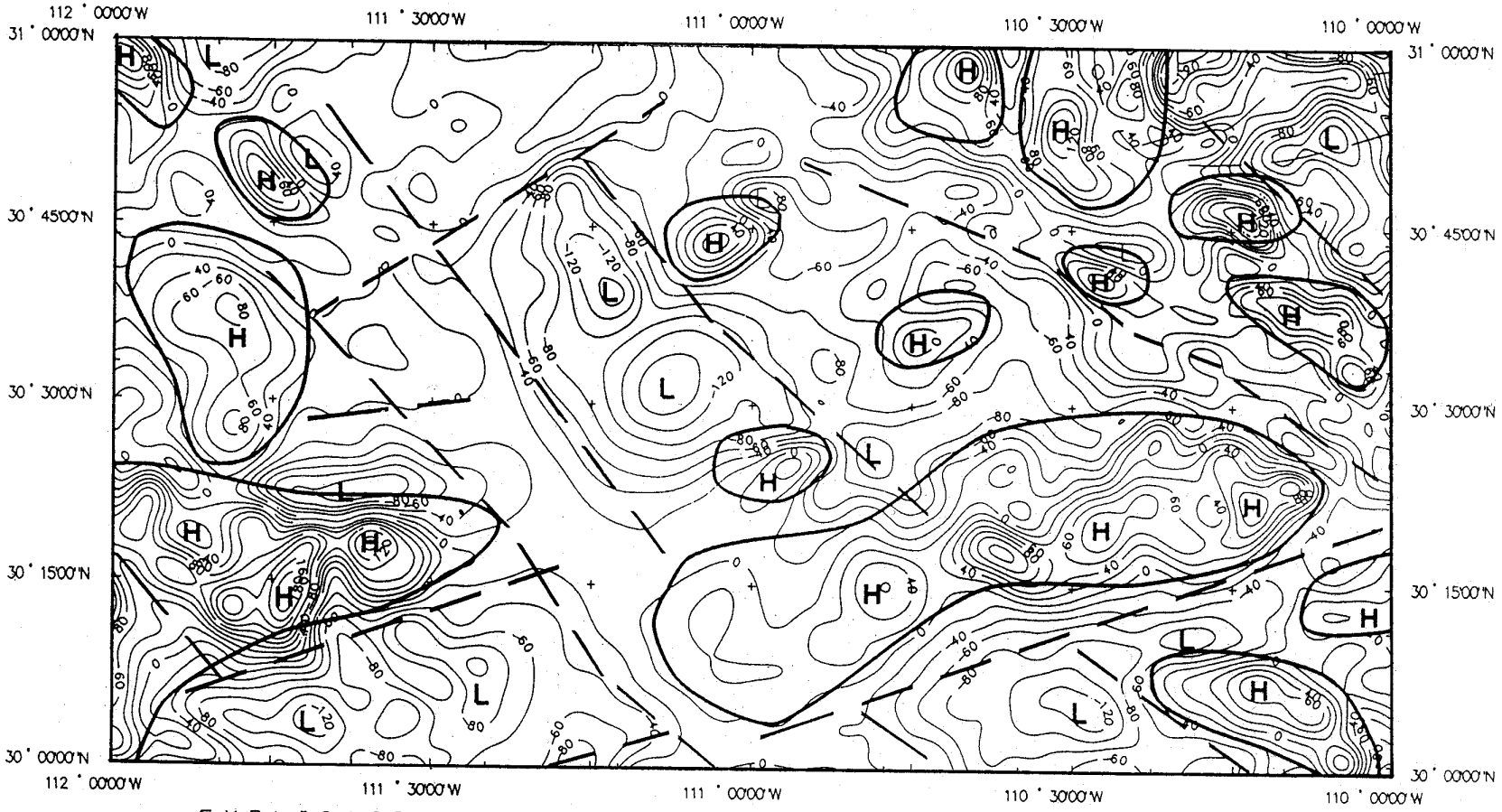
LIMITE DE UNIDADES LITOMAGNETICAS	B2	A1.- ACIDAS A INTERMEDIAS A2.- INTERMEDIAS A BASICAS	ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS
LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A FALLAS		B1.- ACIDAS A INTERMEDIAS B2.- INTERMEDIAS A BASICAS	ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS
LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A DEPRESIONES		C1.- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS JURASICAS Y CRETACICAS. LENTES DELGADOS DE BASALTOS INTERCALADOS CON DEPOSITOS TERCIARIOS CONTINENTALES	
LOCALIDAD MINERA		C2.- ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS EN GRANDES ESPESORES	

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

CANANEA H12-5

FIGURA 2



EXPLICACION

CURVAS DE CONTORNO A CADA 20 nT. — 20, 40

ALTO MAGNETICO — H

BAJO MAGNETICO — L

INTRUSIVOS PROFUNDOS OCULTOS

CURVO LINEAMIENTO MAGNETICO

LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A FALLAS PROFUNDAS

0 — 32 Kilometros

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

CONTINUACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO
HACIA ARRIBA A 2000 m SOBRE
EL NIVEL DEL TERRENO

CANANEA H12-5

FIGURA 3