CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA | SE

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

C A R T A M A G N É T I C A

"NOGALES" H12-2

ESTADO DE SONORA

ESCALA 1:250 000

TEXTO GUÍA

POR: **Ings. Raucel Pascacio Toledo**
Ramón Mérida Montiel
Israel Hernández Pérez

MÉXICO, 1999

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

** Editada por el Consejo de Recursos Minerales © Primera Edición 1999. Derechos Reservados.*

ÍNDICE

RESUMEN

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

I.1.- INTRODUCCIÓN

I.2.- FUENTES DE INFORMACIÓN

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

I.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

I.5.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

CAPÍTULO II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

ÍNDICE DE FIGURAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN

El Consejo de Recursos Minerales realiza el Programa de Infraestructura Geológico-Minera dentro del cual se lleva a cabo el cubrimiento aeromagnético sistemático de las áreas con mayor potencial minero del territorio nacional, con el propósito de evaluar las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo e identificar las que pueden contener yacimientos minerales ocultos.

Dentro de este programa se llevó a cabo el levantamiento aeromagnético de la hoja Nogales H12-2, a escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI; la cual se ubica en la porción centro-norte del estado de Sonora colindando con el límite internacional suroeste de Arizona, Estados Unidos.

El levantamiento se realizó en dos etapas 1978 y 1994, utilizando los mismos parámetros de vuelo: 450 m de altura y separación de 1,000 m; en 1978 la dirección de las líneas fue NE-SW y en 1994 se cambió a una dirección N-S.

La geología de la región consiste de un basamento proterozoico fragmentado cubierto discordantemente por una secuencia de sedimentos paleozoicos y mesozoicos que a su vez están cubiertos por rocas volcánicas y sedimentos clásticos continentales del Terciario, toda la secuencia está afectada por intrusiones graníticas del Proterozoico Medio al Terciario Medio.

Los sistemas de fallamiento más importantes tienen dirección NW-SE y NE-SW, los cuales controlan el emplazamiento de los intrusivos graníticos en diferentes épocas.

Los yacimientos minerales dentro de la carta son escasos y consisten principalmente de pórfidos cupríferos y estructuras vetiformes.

En la interpretación cualitativa regional de la carta se definen 4 dominios magnéticos (A_1, A_2, B_1 y B_2) que representan la distribución superficial y a profundidad de las unidades litológicas más importantes.

También se interpretan lineamientos magnéticos con dirección NW-SE y NE-SW asociados a dominios A_2 indicativos de que su emplazamiento tuvo estos controles estructurales.

Localmente la asociación de los diferentes dominios magnéticos permitió identificar 3 zonas prospectivas favorables para contener mineralización tipo pórfido cuprífero, metasomática, en vetas y diseminada (Tipo Carlin).

Los lineamientos magnéticos con dirección NW-SE de la parte central de la carta se interpretan como importantes discontinuidades del basamento proterozoico donde se desarrollaron zonas de cizalla y deformación dúctil asociadas al emplazamiento de granitos del Terciario Medio con potencial para mineralización aurífera controlada estructuralmente.

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La dificultad cada vez mayor a la que se enfrenta el explorador para la localización de los yacimientos minerales, ha dado origen a la necesidad de auxiliarse de otras técnicas indirectas de exploración en el campo, como son: geofísica, geoquímica e imágenes de satélite, valiosas herramientas que deben utilizarse conjuntamente para lograr el éxito que conduzca a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados.

El Consejo de Recursos Minerales lleva a cabo el programa de elaboración de cartas geofísicas magnéticas, las cuales tienen el propósito de cubrir las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional basándose en la compilación de trabajos anteriores, así como levantamientos aeromagnéticos actuales.

La carta magnética Nogales H12-2, escala 1:250,000, forma parte de las publicaciones de este programa. Aporta información básica que permitirá fundamentar futuras exploraciones.

Esta carta corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por IGRF, obtenido a partir de los levantamientos aeromagnético realizados durante los años de 1978 y 1994.

1.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de la carta magnética, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales, en los años de 1978 y 1994. Los datos del primer levantamiento se compilaron 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).

1.3 PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN LOS LEVANTAMIENTOS

Durante el año de 1978 se efectúo el primer levantamiento aeromagnético siguiendo vuelos de contorno, con una altura promedio sobre el terreno de 450 m en líneas con rumbo NE-SW y separación de 1000 m. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación visual, se utilizó un magnetómetro aéreo Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nT, montado en un avión bimotor Islander BN2-B27.

Los vuelos realizados en 1994, utilizaron los mismos parámetros con líneas de vuelo norte-sur. Para este caso, la identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación satelital (GPS), se usó un sensor magnético de vapor de Cesio marca Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT, con sensor fijo y un sistema de adquisición de datos PDAS 1000 marca Picodas, montado en el mismo avión, también se levantaron 2 líneas de control con separación de 18.5 Km.

1.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

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

a) Integración de la información aeromagnética

Los datos de los mapas magnéticos digitalizados y los vuelos más recientes (1994), se exportaron a una estación de trabajo Sun Sparc 10, para su procesamiento e integración mediante el Software Terratools, generándose una rejilla de datos de 500 x 500 m. En la etapa previa se validó la información en campo revisándose línea por línea, así como el registro de la estación base monitora.

b) Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético

Según los datos del observatorio de Teoloyucan, Mex., obtenidos para el período de 1923 a 1987, el campo geomagnético en la República Mexicana ha decrecido 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 este caso, a los datos aeromagnéticos se les sustrajo 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 de IGRF-95 (Campo geomagnético de Referencia Internacional) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

c) Generación del Mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250,000 los datos aeromagnéticos se integraron en un archivo de coordenadas X, Y y Z empleándose el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974), para la generación de curvas de contorno con el software Arc-Info y un tamaño de celda de la rejilla de 50 x 50 m. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Sparc 10, con disco duro de 8.3 Gb, 128 Mb de RAM y velocidad de 51 MHz.

d) Graficación

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

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

La información magnética contenida en la carta Nogales H12-2, escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, comprende una superficie de 7,808 Km^2 y cubre la porción centro norte del estado de Sonora colindando con el límite suroeste del estado de Arizona, EUA (Figura 1).

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

En la interpretación cualitativa de carácter regional de la carta, se indica con líneas punteadas los límites de los dominios litomagnéticos y con línea ondulada los lineamientos magnéticos asociados a fallas.

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

CAPÍTULO II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

Fisiográficamente la mitad occidental de la carta pertenece a la Provincia de Sierras Sepultadas constituida principalmente por rocas graníticas muy erosionadas; la parte

central constituye la continuación de la Sierra Madre Occidental con algunas porciones de la Provincia de Sierras y Llanuras del Norte; en el extremo oriental se presenta la continuación hacia el sur de la Provincia de Sierras y Valles del suroeste de Estados Unidos, caracterizada por estar constituida de sierras levantadas y fosas tectónicas controladas por fallas normales con dirección NW-SE (C.R.M., 1992).

Sistema Proterozoico

Las rocas más antiguas de la carta son gneises y esquistos, afectados por intrusivos un poco más jóvenes, que afloran en la Sierra de los Ajos, extremo noroeste de la Sierra de San Antonio, cerca a la frontera y otras localidades restringidas poco conocidas, sin embargo, se considera que constituyen el basamento de toda la región formando parte del terreno Norteamérica (Campa y Coney, 1983) y son equivalentes en edad al Esquisto Pinal de Arizona de 1.68 Ga que forma el Bloque Pinal (Nourse et al., 1994).

Sistema Paleozoico

Las rocas paleozoicas están representadas por pequeños afloramientos de rocas carbonatadas y sedimentos clásticos de plataforma que afloran al norte de Cananea y Sierra Los Ajos, cubriendo discordantemente a las rocas proterozoicas.

Estas rocas aumentan de espesor hacia el extremo noreste de la carta, hacia Arizona, donde son las principales rocas encajonantes de la mineralización de cobre (Anderson, 1966; Schmitt, 1996).

Sistema Mesozoico

Las rocas más antiguas de este sistema están representadas por una gruesa secuencia de rocas volcánicas, volcanosedimentarias y plutónicas de edad jurásica que afloran en la parte central y occidental de la carta.

Estas rocas constituyen un arco magmático de origen continental asociado al borde suroeste del Cratón de Norteamérica y afloran principalmente en las sierras La Esmeralda, Las Avispas, Cibuta, El Pinito y en el extremo noroccidental de la carta (Nourse et al., 1994; Ortega et al., 1992). Esta secuencia está altamente deformada y metamorfizada presentando cabalgaduras y pliegues (C.R.M., 1992).

Remanentes de rocas volcanosedimentarias del Cretácico Inferior afloran al norte de Cananea y en la Sierra de San José, extremo oriental de la carta (INEGI, 1981). Están constituidas por rocas carbonatas y andesitas que cabalgan a las rocas del Cretácico Superior y presentan un plegamiento con dirección N 75º W.

El Cretácico Superior está representado por una gruesa secuencia de sedimentos clásticos constituida por areniscas, lodolitas, lutitas y conglomerados con abundantes fósiles y horizontes de carbón que se agrupan en cinco formaciones que constituyen el Grupo Cabullona de edad Campaniano – Maestrichtiano (84 a 66 Ma) y alcanzan un espesor de hasta 2,500 m (Roldán y González, 1979; González et al., 1993). Estas rocas afloran en el extremo oriental de la carta y forman el relleno de la cuenca extensional Cabullona.

Sistema Cenozoico

Este sistema está representado por rocas ígneas volcánicas e intrusivas y sedimentos clásticos continentales, siendo estos últimos los de mayor distribución superficial.

Las rocas terciarias más antiguas consisten de una serie de derrames y tobas riolíticas a riodacíticas que afloran como remanentes de erosión cubriendo discordantemente a las rocas mesozoicas. Están afectadas por

diques riolíticos que sirvieron como conductos alimentadores y afloran principalmente en la parte central de la carta coronando las sierras de San Antonio, El Pinito y El Humo; estas rocas son del Oligoceno de 32 a 25 Ma (McDowell y Keizer, 1977) y están afectadas por la tectónica de Sierras y Valles.

El Terciario Superior está representado por una secuencia de sedimentos clásticos continentales constituida por conglomerados polimícticos, arenas y gravas medianamente consolidados en una matriz arenosa, interdigitados con derrames volcánicos félsicos y máficos así como horizontes de boratos y yesos que constituyen la Formación Baucarit, cuya edad varía desde 24 hasta 12 Ma (Bartolini et al., 1994).

Esta unidad aflora ampliamente, principalmente en la porción occidental de la carta donde rellena fosas tectónicas y valles intermontanos.

Derrames basálticos pliocuaternarios tienen amplia distribución en los alrededores de la Sierra El Humo y al sur y noroeste de Saric asociados a fallas normales con dirección NW-SE (INEGI, 1995).

El aluvión está constituido de gravas, arenas y limos que constituyen depósitos de talud, abanicos y terrazas aluviales que se depositan en las partes bajas de los valles.

Rocas ígneas intrusivas

Este tipo de rocas tiene amplia distribución dentro de la carta y su edad varía desde el Proterozoico hasta el Terciario Medio.

Las rocas ígneas intrusivas más antiguas son gneises dioríticos y graníticos cuyas edades varían de 1,000 a 1,400 Ma y afectan a rocas del Proterozoico Medio (Roldán, 1982), afloran en el extremo norponiente de la Sierra San Antonio (Nourse et al., 1994) y en la Sierra Los Ajos.

Rocas intrusivas graníticas pertenecientes al arco magmático jurásico afloran en el extremo poniente, al norte de la Sierra El Humo, y en otras localidades poco conocidas al centro de la carta, como Sierra Cibuta, poniente de Sierra Guacomea y alrededores de Nogales (Nourse et al., 1994). Estas rocas están deformadas y han sufrido metamorfismo que las ha transformado en gneises graníticos, muy erosionados que han perdido su magnetismo y afectados por intrusiones cretácicas y terciarias.

Otros intrusivos importantes están constituidos por cuerpos granodioríticos a monzoníticos que afloran en varias localidades como al norte de Cananea. (Granodiorita Cuitaca de 54 Ma), sierras El Chivato, San Juan, Pozo Verde y flanco poniente de la Sierra El Pinito. La edad de estos intrusivos varía desde fines del Cretácico Superior al Paleoceno y algunos están asociados a mineralización tipo pórfido cuprífero, principalmente en la región al norte de Cananea en la Sierra Mariquita (C.R.M., 1992).

En la parte centro poniente de la carta, sierras El Mezquital, Pozo Verde y Cerro Las Tinajeras (INEGI, 1980), afloran intrusivos graníticos de dos micas cuya edad es del Terciario Medio (de 33 a 26 Ma) y están asociados genéticamente a la extensión cortical, que dio origen a los complejos de núcleo metamórfico, y a mineralización aurífera mesotermal (Coney y Harms, 1984; Nourse et al., 1994; Miranda y Gómez, 1993).

Geología Estructural

El patrón estructural que domina la carta refleja la intensa deformación que ha sufrido la región desde el Proterozoico hasta el Reciente y su morfología actual se debe fundamentalmente al fallamiento extensional de Sierras y Valles que produjo fallas normales dando origen a bloques levantados

y hundidos. Esta tectónica fue influenciada por la estructura de la corteza preterciaria (Nourse et al., 1994).

El sistema de fallamiento más notable consiste de fallas normales con dirección N 20-30º W en la parte central y N 30-40º W en la parte occidental que forman sierras levantadas y fosas tectónicas; hacia el poniente este sistema está asociado a volcanismo basáltico (INEGI, 1995).

El sistema anterior está conjugado a un sistema de fallamiento N45-60ºE que interrumpe al sistema NW-SE.

Un sistema de fallas N-S también es notable en la Sierra Mariquita y al norponiente de Saric.

Otro rasgo importante lo constituye el lineamiento Imuris que cruza la parte central desde Mazatán (fuera de la carta) hasta Sásabe con dirección N40-45ºW pasando al oriente de El Correo y separa la Sierra Cibuta de la Sierra Guacomea. Este lineamiento consiste de afloramientos de gneises, esquistos y separa bloques contrastantes de corteza continental no metamorfoseada hacia el nororiente, de corteza adelgazada y extendida hacia el surponiente, hasta la Megacizalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979). Este bloque anómalo, llamado Bloque Papago Sur (Nourse et al., 1994), es importante porque dentro de él se desarrollan algunos complejos de núcleo metamórfico terciarios. Algunas de estas estructuras ocurren dentro de zonas de debilidad NW-SE que pueden coincidir con lineamientos del Jurásico Tardío (Nourse et al., op. cit.).

En términos generales las rocas proterozoicas están muy deformadas y metamorfoseadas. Las rocas paleozoicas y mesozoicas están fuertemente plegadas y deformadas; localmente las rocas del arco volcánico jurásico y el basamento proterozoico cabalgan con vergencia al NE sobre la Cuenca de Bisbee en el centro norte de Sonora (Rodríguez, 1988) debido a la Orogenia Mesocretácica (Fase Oregoniana de Rangin, 1981).

La deformación laramídica solo tiene expresión importante en la parte oriental donde las rocas del Cretácico Inferior cabalgan al NE a los sedimentos clásticos del Grupo Cabullona en la Sierra de San José y presentan plegamiento con dirección N75ºW (Roldán, 1982; INEGI, 1981).

En el Terciario la tectónica extensiva de Sierras y Valles y el magmatismo asociado provocó una foliación milonítica con lineación al NE. Esta milonitización esta impuesta sobre granitos del Paleoceno y por lo tanto se considera del Terciario Medio (entre 25 y 18 Ma), contemporánea con la deformación dúctil de los complejos de núcleo metamórfico (Nourse et al., 1994).

Yacimientos Minerales

Existen yacimientos minerales tipos vetiforme, pórfido cuprífero y skarn.

Los principales yacimientos son los de tipo pórfido cuprífero ubicados al norte del distrito minero de Cananea, principalmente los yacimientos Mariquita y María con mineralización de Cu, Mo y Ag diseminada y en stockwork, asociada a un intrusivo granodiorítico terciario que afecta a una secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Superior (C.R.M., 1992). Estos yacimientos se ubican dentro del mismo tren magnético del yacimiento de Cananea.

Otra evidencia de mineralización importante es la zona de Planchas de Plata ubicada en la Sierra Las Avispas, en el centro de la carta, que consiste en un grupo de vetas de fisura de rumbo NE-SW con espesores de 0.3 a 5.0 m y mineralización de Ag y Cu emplazadas en rocas volcánicas terciarias afectadas por intrusiones en un probable ambiente de caldera (C.R.M., 1992).

Prospecto importante es también La Recompensa ubicado a 15 Km al poniente de Nogales, donde existen estructuras vetiformes con rumbo NE-SW y espesor de hasta 5.0 m con valores de Ag y Cu emplazadas en rocas volcánicas terciarias (C.R.M., 1992).

Zonas con potencial geológico para exploración minera

Los yacimientos tipo pórfido cuprífero están asociados genéticamente a intrusiones graníticas del Paleoceno que afectan a las secuencias sedimentarias paleozoica y volcanosedimentaria mesozoica. Los yacimientos vetiformes están asociados al volcanismo oligocénico e intrusiones graníticas.

La presencia de intrusiones graníticas del Terciario Medio y zonas miloníticas, está influenciada por diferencias composicionales y discontinuidades mecánicas de la corteza preterciaria en esta región de Sonora (Nourse et al., 1994).

Estas zonas miloníticas de rumbo NW-SE son remanentes de zonas de cizalla con deslizamiento normal de la corteza media y constituyen zonas estructuralmente favorables para el emplazamiento de yacimientos de oro mesotermales similares a los de San Francisco y Lluvia de Oro al sur de la carta, ya que están asociados a zonas previamente calentadas por granitos terciarios.

El lineamiento Imuris (Nourse et al., 1994) constituye una franja de milonitas cuyo potencial por mineralización aurífera mesotermal debe ser investigado.

Estas zonas miloníticas se han desarrollado preferencialmente sobre las rocas del arco jurásico que descansan sobre un basamento precámbrico adelgazado y estructuralmente fragmentado, que constituyó un sitio favorable para el magmatismo del Terciario Medio y la extensión dúctil que dio origen a las milonitas preferencialmente a lo largo de los bordes de los granitos terciarios.

Los intrusivos del Terciario Medio también están asociados genéticamente, a mineralización aurífera epitermal emplazada en rocas volcánicas oligocénicas afectadas por estos y posiblemente cogenéticas (Miranda y Gómez, 1993).

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la carta, tiene alcance de carácter regional debido a la escala del mapa, en la cual se interpretan indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas tales como: intrusivos, rocas sedimentarias y/o metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles favorables para la presencia de depósitos minerales. Estos rasgos se obtienen en base al contraste de susceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originados por la presencia de óxidos y/o sulfuros de fierro en los componentes de la matriz de las rocas.

Se realizó una interpretación cualitativa de alcance regional indicándose los rasgos magnéticos principales, estos resultados están sujetos a discusión sin embargo se proporcionan para un análisis más profundo dependiendo de los objetivos y uso de la información por el usuario.

Para obtener una información más a detalle, en áreas específicas de interés determinado en esta primera interpretación, se requiere llevar a cabo una interpretación cuantitativa, basada en cálculos y modelado que proporcionen datos de profundidad a la cima de los cuerpos magnéticos y espesores de las unidades más importantes, en mapas a escala 1:50,000 0 1:20,000 donde se seleccionaran sucesivamente áreas más reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo, mediante estudios a detalle: geológicos, geoquímicos y geofísicos.

Dominios Magnéticos

Se identificaron 4 dominios magnéticos a saber: A_2, B_2, B_1 y C los cuales se diferencian de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar o monopolar (Figura 2).

Dominio Magnético A_2

El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y se manifiesta por anomalías magnéticas monopolares y dipolares de alta intensidad con gradientes que varían de 40 a 500 nT.

Se definen 5 dominios A_2, que se distribuyen; 4 en la región centro oriente, que llegan a formar una franja diagonal orientada con rumbo NW-SE, que pasa por los poblados de Cuitaca, Miguel Hidalgo y El Mezquite hasta chocar con el estado de Arizona, EUA, en una extensión de 38 Km y el otro dominio al poniente.

A continuación se definen tres de estos dominios:

El dominio magnético A_2 al norponiente de Cananea, de alta intensidad y forma irregular con gradiente que va de 40 a 250 nT en una distancia aproximadamente de 4 Km y con rumbo NW-SE, se correlaciona geológicamente con un intrusivo de composición granítica del Terciario Inferior afectando a una secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Superior-Terciario donde existe mineralización diseminada, en brechas y en stockworks (minas María Cu, Mo; Puertecitos con mineralización Zn, Pb y Co, y mina Mariquita con Cu, Mo).

Otro dominio A_2 se ubica al norponiente de Miguel Hidalgo, con alta intensidad y gradiente de 260 nT/4 Km, tiene forma alargada con rumbo NW-SE y se correlaciona geológicamente en forma parcial con rocas intrusivas de composición granítica del Cretácico Superior- Terciario Inferior y rocas volcánicas oligocénicas de composición riolítica, donde se observa mineralización de Cu y Mo (Mina El Pilar) en forma de vetas, diseminada y en stockwork en la periferia de esta anomalía, (C.R.M., 1992; INEGI 1981).

El dominio magnético A_2 localizado al límite poniente de la carta presenta alta intensidad, varía de 40 a 450 nT; tienen forma irregular y grandes dimensiones, geológicamente gran parte de la anomalía se correlaciona con un afloramiento de intrusivo granítico Jurásico, la otra parte al norte de esta anomalía, con granito Cretácico y la porción sur se correlaciona con derrames de rocas volcánicas y conglomerado terciario; en esta zona no se observan evidencias de mineralización.

Dominio Magnético B_1

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, así como cuerpos intrusivos cuya respuesta magnética no contrasta con la de las demás rocas; este dominio se manifiestan por distorsiones que forman altos y bajos magnéticos, que llegan agruparse formando zonas de bajo gradiente y baja intensidad magnética con valores de +240 hasta -120 nT (Figura 2).

Este dominio magnético cubre la mayor parte de la carta, extendiéndose desde su porción central hacia el poniente, corresponde a la respuesta de rocas volcánicas y volcanosedimentarias, intrusivos graníticos del mesozoico y basaltos.

Desde el punto de vista económico, ocurren algunas manifestaciones de cobre en las fracturas de las rocas volcánicas terciarias

(INEGI, 1981), que corresponden a este dominio.

Dominio Magnético B_2

Este dominio magnético se localiza al poniente y centro oriente, se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, está representado por monopolos y dipolos magnéticos con intensidad de –300 a 280 nT (Figura 2).

El dominio magnético B_2, localizado al poniente en la localidad de San Joaquín con intensidad de –40 a 280 nT y de forma irregular, se correlaciona con tobas andesíticas, y rocas basálticas y conglomerados terciarios que sobreyacen a rocas volcanoclásticas cretácicas, donde no se observan evidencias de mineralización.

El dominio magnético B_2, al centro oriente tiene forma alargada, con intensidad de -240 a –200 nT; geológicamente se correlaciona con rocas volcánicas, sedimentarias cretácicas y conglomerados terciarios.

Dominio Magnético C

Se caracteriza por respuestas magnéticas de baja intensidad, valores de –240 a –80 nT al oriente y de –200 a 40 nT, al surponiente.

El dominio C localizado al oriente, se correlaciona geológicamente con potentes espesores de rocas sedimentarias que comprenden desde el Proterozoico Medio al Terciario, y alcanzan un espesor de 6,100 m (Anderson, 1966). Afectan a esta secuencia pequeños troncos intrusivos de composición granítica y derrames volcánicos de composición andesítica que distorsionan la respuesta de este dominio.

El dominio C, ubicado al surponiente se correlaciona en superficie con: andesitas del Paleoceno, conglomerado polimíctico y material aluvial reciente (C.R.M., 1992, INEGI, 1981).

Lineamientos Magnéticos

Dentro de la superficie que cubre la carta se interpretan 2 sistemas de lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE y NE-SW, los cuales son interpretados como las respuestas de fallas y fracturas profundas que no siempre se observan en la superficie.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE, se presentan ampliamente distribuidos en casi toda la carta, principalmente en la parte central, donde delimitan bloques levantados y hundidos; tienen una longitud de 40 a 70 Km y se considera que representan un fallamiento regional profundo, formando franjas de 20 a 30 Km de ancho, y en algunos casos, controlan el emplazamiento de cuerpos intrusivos graníticos del Terciario asociados a mineralización polimetálica.

Los lineamientos con rumbo NE-SW no son muy abundantes y se localizan en la porción centro-poniente; nacen en la Sierra de San Juan pasando por Sombreretillo y continúan hasta el límite norte (Figura 2).

Procesos Analíticos Realizados

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

Mapa de Estructuras Profundas

Se generó aplicando un filtro pasabajas al Campo Magnético Total (CMT) reducido al polo, considerando una frecuencia de corte de 0.18 ciclos/Km.

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

Mapa de Rasgos Superficiales

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

En este mapa se resaltan altas frecuencias que son correlacionables con las fuentes magnéticas más someras, con lo que es posible definir los rasgos litoestructurales más superficiales (Figura 4).

Zonas Prospectivas

Los diferentes tipos de yacimientos minerales ubicados dentro de la superficie de la carta están relacionados genéticamente a intrusivos graníticos del Cretácico Superior al Terciario Medio cuyo emplazamiento fue controlado por discontinuidades de la corteza con dirección NE-SW y NW-SE (Figura 5).

La asociación de lineamientos magnéticos con dominios A_2 y un marco geológico-estructural favorable nos define 3 zonas prospectivas con posibilidades de contener mineralización económica a profundidad.

En base a lo anterior la Sierra Mariquita constituye una zona prospectiva favorable para contener yacimientos tipo pórfido cuprífero ya que está asociada al mismo dominio magnético en el que se ubica el yacimiento de Cananea y presenta un marco geológico similar.

Los lineamientos magnéticos NW-SE de la parte central relacionados a zonas de cizalla con deformación dúctil que afectan a la secuencia volcanosedimentaria jurásica (Lineamiento Imuris), constituyen excelentes una zona prospectiva de mineralización aurífera, principalmente cuando se asocian a dominios magnéticos A_2 producidos por intrusivos graníticos del Terciario Medio.

Otra zona prospectiva se ubica en el extremo oriental, está definida por el dominio magnético C, donde existen pequeños troncos intrusivos graníticos similares al que aflora en la Sierra de San José, se emplazan en rocas carbonatadas y sedimentos clásticos cretácicos con potencial para contener mineralización metasomática a profundidad, en las calizas, y mineralización aurífera diseminada, tipo Carlín, en los sedimentos clásticos del Grupo Cabullona.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de localización

Figura 2.- Interpretación magnética litoestructural

Figura 3.- Mapa de estructuras profundas
Filtro Pasabajas del CMT reducido al polo

Figura 4.- Mapa de Rasgos Superficiales
Primera derivada vertical del CMT reducido al polo

Figura 5.- Zonas prospectivas a partir de la interpretación magnética litoestructural

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, Ch. A., 1966. Areal geology of the southwest: in Geology of the Porphyry Cooper deposits southwestern North America, eds., Titley, S.R. and Hicks, C.L. p. 3 -16.

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

Bartolini, C., Damon, P.E., Shafiqullah, M., and Morales, M. M., 1994. Geochronologic contributions to the Tertiary sedimentary-volcanic sequences ("Baucarit Formation"), in Sonora, México; Geofísica Internacional, v. 33., p. 67-77.

Briggs, Ian C., 1974. Machine contouring using minimum curvature (Spline): Geophysics, v. 39, No. 1, p. 34 - 42.

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

Clarke, G.K.C. 1969. Optimam second-derivate and downward–continuation filters; Geophysics, v. 34, No. 3, p. 424-437.

Coney, P.J. and Harms, T.A., 1984. Cordilleran metamorphic core complexes: Cenozoic extensional relics of Mesozoic compression: Geology, v. 12, p. 550 – 554.

Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.), 1992, Monografía geológico-minera del estado de Sonora, Publicación M-8e, SEMIP, 220 p.

González, L.C. and Kues, B.S., 1993. Stratigraphy and paleontology of the Late Cretaceous Cabullona Basin, northeastern Sonora, México: in III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes. Eds. González y Vega Instituto de Geología UNAM; Departamento de Geología UNI-SON.

Hood, P. 1965. Gradient Measurements in aeromagnetic surveying; Geophysics, v. 30, No. 5, p. 891-902.

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

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1980 Carta Topográfica Nogales H12-2, escala 1:250,000, 1ª Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1981, Carta Geológica Nogales H12-2, escala 1:250,000, 1ª Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1995, Espaciomapa Nogales, Hoja H12-2, escala 1:250,000, 1ª Impresión.

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

Miranda, G.M.A. and Gómez, C.A., 1993, Non metallic and gold mineralization in Mid-Tertiary basin associated to metamorphic core complexes: in Sonora, Mexico, III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes: Instituto de Geología, UNAM. UNI-SON, p. 85 - 86.

Nourse, J.A., Anderson, T.H., and Silver, L.T., 1994. Tertiary metamorphic core complexes in Sonora, northwestern Mexico: Tectonics, v. 13, p. 1161 – 1182.

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, Instituto de Geología, Consejo de Recursos Minerales.

Rangin, C., 1981. Aspectos geodinámicos de la región noroccidental de México: UNAM, Instituto de Geología, Revista v. 5 No. 2, p. 186 - 194.

Rodríguez, C.J.L., 1988. Estratigrafía de la región de Tuape, Sonora: UNAM, Instituto de Geología Revista v. 7, p. 52 – 66.

Roldán, Q. J. And Gonzáelz, L.C., 1979. Brief summary of the geology of the Cretaceous and Tertiary in the state of Sonora, Mexico; in Anderson, T.H. and Roldan, Q.J., eds. Geology of northern Sonora: Geological Society of America, Field Trip Guidebook, p. 49 - 58.

Roldán, Q.J., 1982 Evolución tectónica del estado de Sonora: Revista del Instituto de Geología, UNAM, v. 5, p. 178 – 185.

Schmitt, H. A., 1966. The Porphyry Cooper deposits in their regional setting: in Geology of the Porphyry Cooper Deposits southwestern North America, eds., Titley, S.R. and Hicks, C.L. p. 17 – 34.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), 1981, Carta Geológica Nogales H12-2, escala 1:250,000, 1ª Impresión.

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

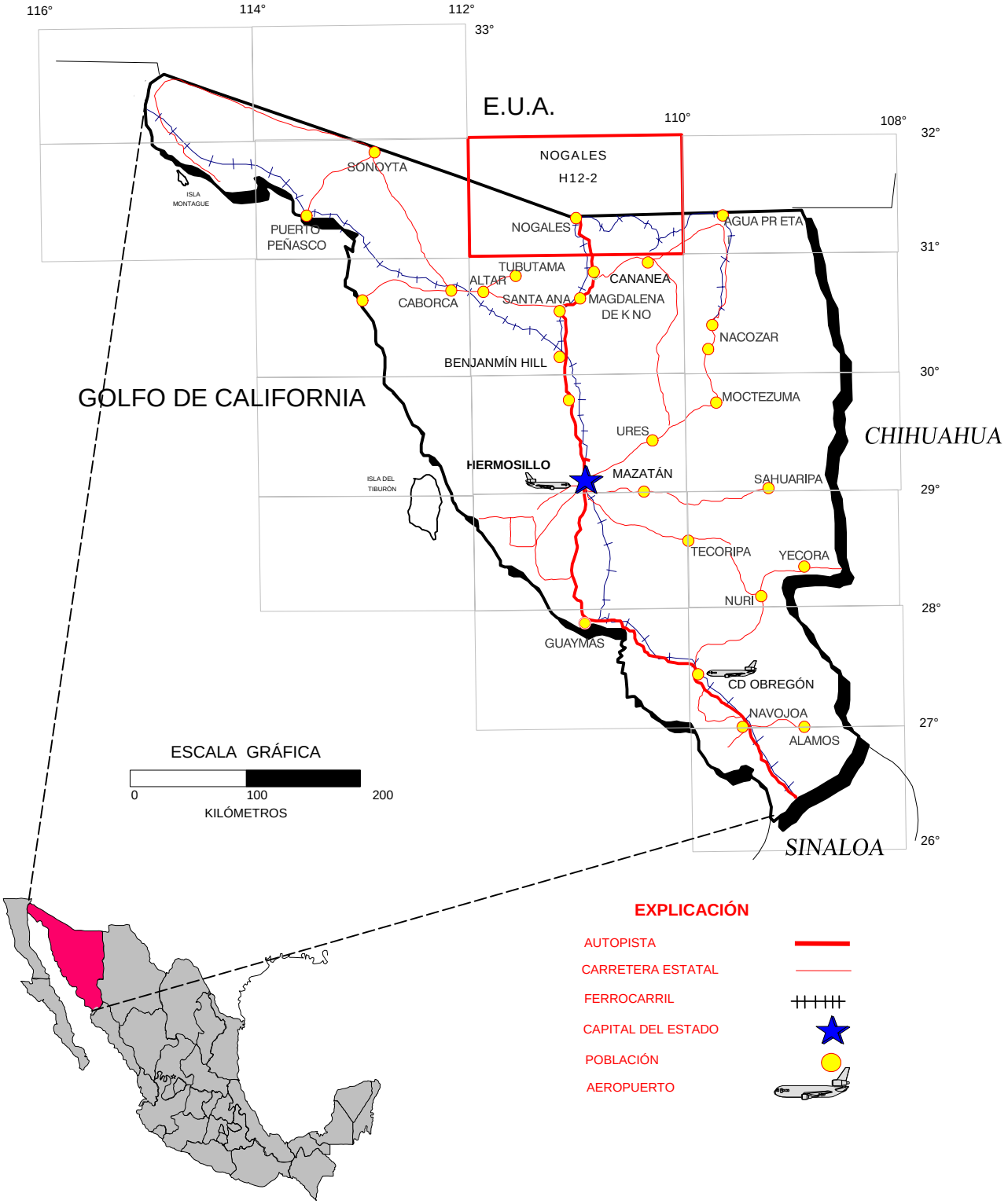


FIGURA 1 .- MAPA DE LOCALIZACIÓN

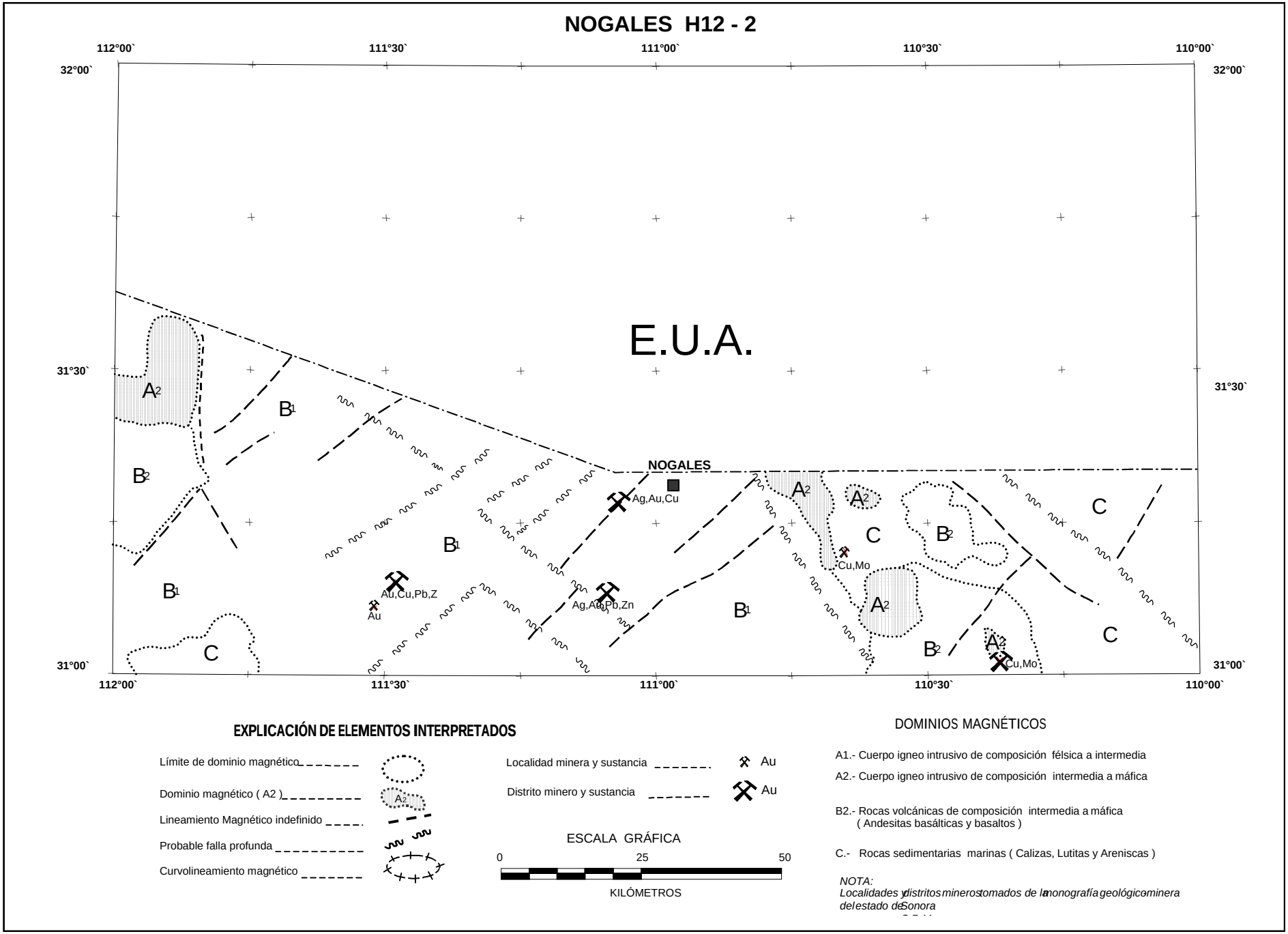


FIGURA 2.- INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

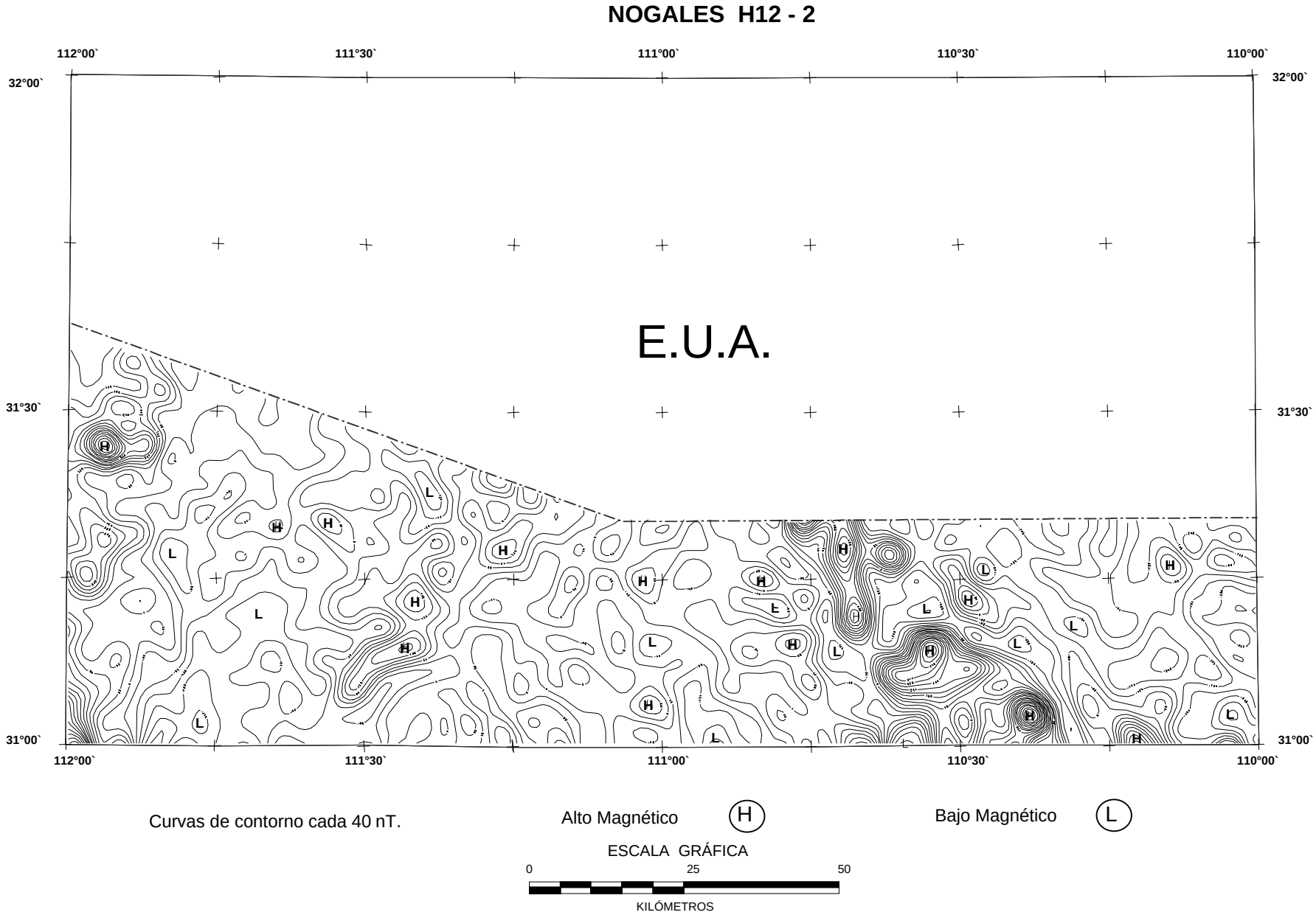
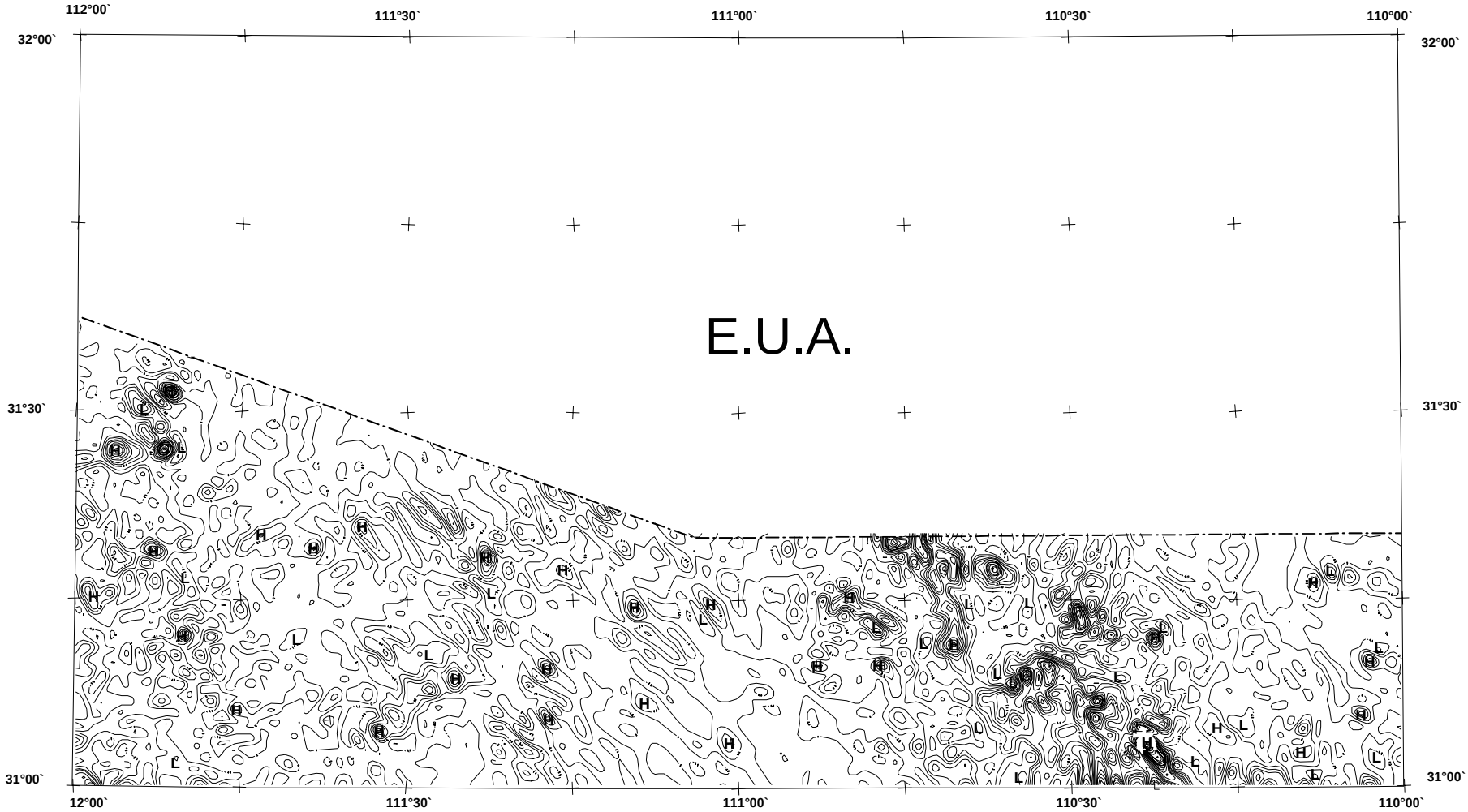


FIGURA 3.- MAPA DE ESTRUCTURAS PROFUNDAS(FILTRO PASABAJAS DEL C.M.T. REDUCIDO AL POLO)

NOGALES H12 - 2



Curvas de contorno cada 40 pT/m.

Alto Magnético (H)

Bajo Magnético (L)

ESCALA GRÁFICA

0 25 50

KILÓMETROS

FIGURA 4.- MAPA DE RASGOS SUPERFICIALES (PRIMERA DERIVADA VERTICAL DEL C.M.T. REDUCIDO AL POLO)

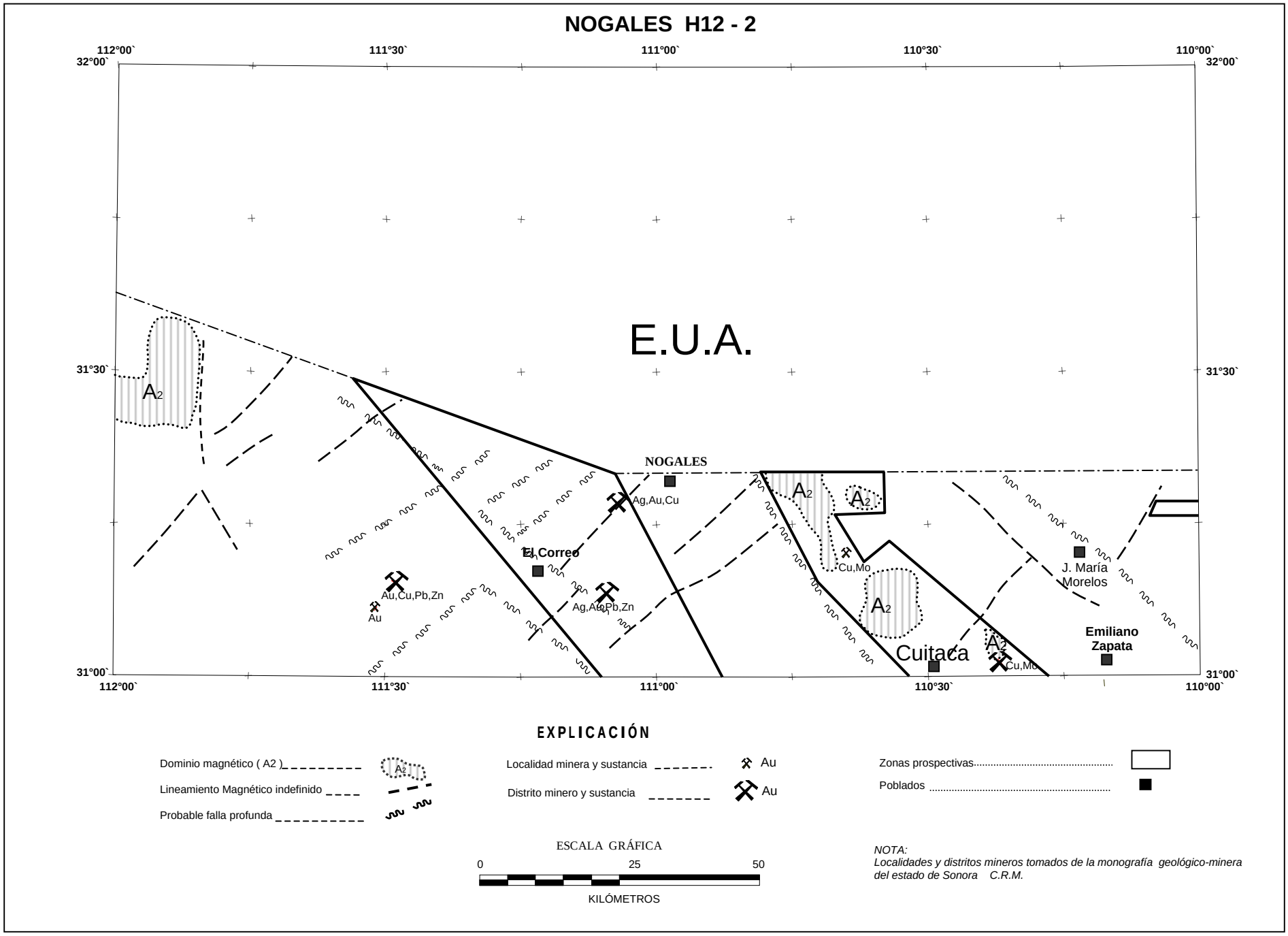


FIGURA 5.- ZONAS PROSPECTIVAS A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL