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

"SANTIAGO PAPASQUIARO G13-8"

ESTADO DE DURANGO

ESCALA 1:250,000

TEXTO GUÍA

Por: **Ings. César Alam Hernández**
Julio Vélez López
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 EL LEVANTAMIENTO

I.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

I.5.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA MAGNÉTICA

CAPÍTULO II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

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 en el territorio nacional, con el propósito de proporcionar al usuario la información que permita estudiar en forma indirecta las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo, que conlleven a seleccionar nuevas zonas prospectivas, en la búsqueda de depósitos minerales.

La carta magnética Santiago Papasquiaro G13-8, a escala 1:250,000, con formato cartográfico INEGI; se ubica en la porción norte - central del estado de Durango y abarca una superficie de 22,259 Km^2.

Los datos aeromagnéticos fueron obtenidos de los levantamientos realizados por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en el año de 1980 y por el Consejo de Recursos Minerales (CRM) en el año de 1998.

Los datos de los levantamientos se presentan (en la carta magnética) como curvas de contorno de isovalores del Campo Magnético Total (CMT) corregido por IGRF, indicando su intensidad en contraste de color. La interpretación litológica y estructural se explica en el presente texto.

La interpretación cualitativa de carácter regional define 5 dominios magnéticos (A_1, A_2, B_1 B_2 y C), que indican la distribución de las principales unidades geológicas, así como varios lineamientos magnéticos que reflejan las principales fallas de origen profundo.

La interpretación magnética junto con el marco geológico-minero estructural permitieron seleccionar 5 zonas prospectivas con características favorables para ser exploradas por yacimientos polimetálicos y preciosos, asociados a los dominios A_1 y A_2.

Las zonas prospectivas se caracterizan por el ambiente geológico que presentan, siendo más favorables para contener yacimientos hidrotermales en forma de vetas las zonas localizadas al poniente de la carta, como sucede al sur de Tepehuanes y en la Sierra de Reyes; Las zonas prospectivas localizadas al oriente de la carta resultan favorables para contener mineralización tipo skarn y depósitos hidrotermales.

Se definió un bloque magnético levantado de aproximadamente 20 Km de ancho y 160 Km de largo, el cual atraviesa prácticamente toda la carta con un rumbo NW-SE sirviendo de límite entre la Sierra Madre Occidental y La Provincia de Cuencas y Sierras.

Los lineamientos NE-SW interpretados como fallas profundas se interpretan como el conducto por el cual se emplazaron los cuerpos intrusivos, todos ellos relacionados con mineralización de origen hidrotermal.

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

I.1.- INTRODUCCIÓN

La dificultad cada vez mayor para la localización de los yacimientos minerales ocultos en el subsuelo, hace necesario el empleo de técnicas indirectas de exploración, como son geofísica, geoquímica e imágenes de satélite, las cuales representan valiosas herramientas, que deben utilizarse en conjunto para lograr exitosas campañas de exploración, que conduzcan a encontrar yacimientos minerales de rendimiento económico.

El Consejo de Recursos Minerales tiene entre sus funciones, la misión de elaborar cartas geofísicas aeromagnéticas en las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética Santiago Papasquiaro G13-8, escala 1:250,000, forma parte de una serie de publicaciones dentro de este programa, las cuales aportan información básica que permite fundamentar futuras exploraciones.

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

1.2.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de esta carta, fueron utilizados los datos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por Petróleos Mexicanos (Pemex) en el año de 1980 y por el Consejo de Recursos Minerales (CRM) en el año de 1998. Los datos del vuelo de Pemex corresponden a los proyectos denominados El Palmito y Yerbaniz - El Rodeo, los cuales se entregaron al CRM en forma digital grabada en cintas.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de las cartas topográficas escala 1:250,000 de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1981).

I.3.- PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN EL LEVANTAMIENTO

El levantamiento realizado por Pemex en el año de 1980, consistió en vuelos aeromagnéticos a 120 m de altura sobre el nivel del terreno, con líneas de rumbo N-S y separación de 800 m. La identificación de las trayectorias de vuelo, se llevó a cabo mediante el sistema de navegación Doppler Bendix DRA-12. Para la realización de los vuelos se empleó un avión Douglas DC-3, equipado con un magnetómetro Flux Gate de campo total, Gulf MK-III con sensibilidad de 0.5 nT (nanoteslas).

El levantamiento efectuado por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1998 consistió en vuelos de contorno a 300 m de altura, con líneas de rumbo N-S y separación de 1000 m. El posicionamiento de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel.

Este levantamiento se realizó con un avión bimotor Islander BN2-B27, equipado con un magnetómetro marca Scintrex con sensor magnético fijo de vapor de cesio, el cual tiene una resolución de 0.001 nT.

1.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

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

a) Integración de la información magnética.

La información digital de los vuelos aeromagnéticos se integró y procesó mediante el software Geosoft, generándose una rejilla de datos con un tamaño de celda de 200 x 200 m. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Ultrasparc II, con disco duro de 4.2 Gb, 262 Mb de memoria RAM y velocidad de 300 Mhz.

b) Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético.

Según los datos del observatorio de Teoloyucan, México, obtenidos para el periodo de 1923 a 1987, el campo geomagnético de la república Mexicana, ha decrecido en ese periodo 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 el caso de la hoja Santiago Papasquiaro G13-8, a los datos aeromagnéticos se les sustrajo el valor del IGRF (International Geomagnetic Reference Field) tomando en cuenta la posición geográfica del área, la fecha del levantamiento y la altura de vuelo. Esta corrección se realizó utilizando los coeficientes del IGRF adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, Division V, Working Group 8,1992), aplicando para la información de Pemex los coeficientes del IGRF 1975 y para la información del CRM los coeficientes del IGRF 1995.

c) Generación del mapa.

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000 los datos de la carta magnética se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z, empleándose el algoritmo de interpolación de Briggs (1974) de mínima curvatura. La generación de curvas de contorno se realizó con el software Arc-Info, empleándose un regrid, con lo que se obtuvo el tamaño de celda en 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 MAGNÉTICA

La información magnética contenida en la carta Santiago Papasquiaro G13-8, escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI, comprende una superficie de 22 259 km^2 y cubre parte de la porción norte del estado de Durango (Figura 1).

La edición cartográfica se efectuó con el software Arc-Info. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 50 nT, indicando los bajos magnéticos en tonos de azul y verde y los altos en tonos rojos como se indica en el espectro de valores de la carta, con la finalidad de visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos. Las curvas de contornos se graficaron a cada 50 nT.
En la base cartográfica se indican las principales carreteras, ríos y ciudades. La carta está referida al sistema de

coordenadas geográficas y a la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).

CAPÍTULO II.- SÍNTESIS GEOLÓGICA.

Era Paleozoica

Las rocas consideradas como las más antiguas dentro de la carta, corresponden a unidades metasedimentarias del Paleozoico que constituyen la formación Gran Tesoro. Afloramientos de esta formación se localizan al noreste de Santa María del Oro, la litología de la base a la cima es la siguiente (Zaldivar y Garduño, 1984, en Córdoba y Silva, 1989): La unidad inferior está constituida por esquistos de moscovita, la unidad intermedia consiste de filitas crenuladas y la unidad superior es de pizarras con foliación incipiente, metatobas y metacalizas. En el área de Indé – Santa María del Oro, no está expuesta la primera unidad (Córdoba y Silva, op. cit.).

Era Mesozoica

La unidad estratigráfica que sobreyace a la formación Gran Tesoro descansa en discordancia angular sobre ésta y se constituye por una secuencia de conglomerado con clastos de rocas volcánicas y metamórficas, así como capas delgadas de arenisca, limolita y lutita nodular, existen intercalaciones de derrames de lava andesítica y tobas vítreas de composición intermedia a básica. A esta secuencia Berumen y Pavón la llamaron Formación Nazas (Córdoba y Silva, op. cit.), por correlación con la secuencia descrita por Pantoja Alor (1963) en el levantamiento de Villa Juárez, localizado al sur de Torreón.
Araujo y Arenas (1986) obtuvieron una edad aparente K–Ar de 118 +/- 9 Ma. (Cretácico Temprano) en una andesíta que aflora a 2 km al norte de Santa María del Oro. A esta edad la consideraron como mínima, por la alteración que presenta la secuencia, e infirieron un magmatismo más antiguo de edad, que pudiera fluctuar entre el Triásico y el Jurásico Medio.

Areniscas de cuarzo y ortocuarcitas intercaladas con lentes de caliza sobreyacen a la formación Nazas en las inmediaciones del poblado de San Pedro del Gallo. Esta unidad se correlaciona con la Formación La Gloria.

Sistema Cretácico

Las rocas sedimentarias de este sistema tienen una gran distribución superficial en la porción oriente de la carta y están representadas por las siguientes formaciones:

Formación Mezcalera: Es la unidad Cretácica más antigua que aflora en la región, consiste de una alternancia de calizas, calizas arcillosas, margas, areniscas, lutitas y limolitas, de estratificación delgada en facies de cuenca (Araujo y Arenas, 1986).

En una localidad ubicada en la carretera La Zarca – El Palmito la formación Mezcalera está representada por estratos medios y delgados de arenisca interestratificada con limolita, lutitas y margas, también en estratos delgados y horizontes de mudstone y wacstone, así como arenisca conglomerática y estratos de limolitas con algunas intercalaciones delgadas de bentonita verde (Araujo y Arenas, op. cit.).

La Formación Mezcalera se correlaciona hacia el oriente con las formaciones Cupido, Aurora y Cuesta del Cura.
El Cretácico superior está representado por una secuencia de calizas y lutitas con escasos horizontes de areniscas intercaladas, depositadas en facies marinas

neríticas, las cuales se correlacionan con la Formación Indidura (INEGI, 1988).

Era Cenozoica

Sistema Terciario

Está representado por rocas volcánicas félsicas, intermedias y máficas, troncos graníticos y sedimentos clásticos continentales que alcanzan gran distribución superficial dentro de la carta.

Sobreyaciendo discordantemente a la Formación Mezcalera ó en contacto tectónico con ella se presentan derrames andesíticos y rocas piroclásticas de composición intermedia. Esta unidad ha sido descrita por Clark y colaboradores (1979), en las cercanías de Guanaceví, en donde registran una edad radiométrica de 38.7 +/- 0.8 Ma. En el área de Nazas, Aguirre Díaz (1988, en Córdoba y Silva, 1989) situó a la secuencia andesítica entre 41 y 50 Ma.

Como parte del supergrupo volcánico superior aflora una unidad de tobas híbridas que por sus características litológicas se separa de los cuerpos ignimbríticos de la formación Indé que le sobreyace. Por su litología puede correlacionarse con la Formación San Pablo y el Grupo Río Chico Superior, así como con la secuencia ignimbritica de Nazas, descrita por Aguirre Díaz (1988, en Córdoba y Silva, op. cit.) quién asignó a éste episodio volcánico una edad entre 32 y 29 Ma.

Como parte de las últimas manifestaciones volcánicas del Terciario Tardío se tienen algunos afloramientos de basaltos y andesitas porfídicas.

Esta formación aflora ampliamente en la carta, rellenando fosas tectónicas del sistema de Cuencas y Sierras.

Formación Indé: El nombre informal de Formación Indé fue utilizado por primera vez en 1965 por Alba Pascoe (Córdoba y Silva, 1989) en el área de Indé para referirse a todo un conjunto de conglomerados, tobas, brechas volcánicas y derrames riolíticos, esta unidad incluye algunas tobas y derrames de lava andesíticos, así como domos riolíticos.

La Formación Indé posiblemente esté asociada a la intrusión de pórfidos riolíticos, tonalíticos y monzoníticos de la región; por su posición estratigráfica pudiera correlacionarse con algunas secuencias del supergrupo volcánico superior que afloran en el área de Durango, factor que permitiría asignarle una edad del Oligoceno Tardío (Mc Dowel y Keizer, 1977).

Un conglomerado polimictico extraformacional depositado en un ambiente continental, conformado de fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias, cementadas por calcita y de matriz arcillosa, aflora en las inmediaciones de Guanaceví, el cual puede correlacionarse con la Formación Ahuichila (INEGI, 1988), sin embargo algunos autores le atribuyen a esta unidad (Conglomerado Guanaceví) edad del Paleoceno (CRM, 1993).

Formación Santa Inés: En el área de San Pedro del Gallo, Pantoja Alor (1963) utilizó el nombre de Formación Santa Inés para definir una secuencia de sedimentos clásticos continentales, que varían de gravas poco consolidadas a conglomerados cementados por arcilla, limo y caliche, a la cual asignó una edad del Pleistoceno Tardío, sin embargo, Aguirre Díaz (1988, en Córdoba y Silva, op. cit.) en el área de Nazas obtuvieron edades K-Ar que la sitúan entre 29 y 23 Ma.

Rocas Igneas Intrusivas

Los afloramientos de este tipo de rocas se presentan principalmente en forma de troncos, cuya composición varía de granito a dioríta y afloran principalmente en la porción norte y oriente de la carta, afectando a las unidades sedimentarias cretácicas.

La dioríta de Santa María del Oro probablemente represente el borde de un cuerpo batolítico que tiene su principal afloramiento en el distrito minero de El cuarenta (Carta Hidalgo del Parral), el cual fue fracturado por tectonismo (Córdoba y Silva, 1989).
Otros cuerpos intrusivos han sido estudiados por diversos autores, tal es el caso del Tronco de Peras, (Clark, et. al., 1979), con una edad K-Ar de 47.5 +/- 1.1 Ma. Y el de San Pedro del Gallo de 40 +/- 10 Ma. (Pantoja Alor, 1967, en Córdoba y Silva, 1989).

Yacimientos Minerales.

Guanaceví y Magistral del Oro representan dos de los principales distritos mineros del estado de Durango, lo que da una idea de la importancia de los yacimientos minerales que se encuentran en la superficie que cubre la presente carta, en donde se han identificado 6 distritos y cuando menos 5 zonas mineralizadas (CRM, 1993), los cuales se describen en la Tabla 1.

Tabla 1

Tipos de Yacimientos Minerales

Distrito	*Tipo de Yacimiento*	*Roca Encajonante*	*Mineralización*
Guanaceví	Relleno de fisuras	Toba andesítica, conglomerados.	Au, Ag, Pb, Cu y Fe
Magistral	Relleno de fisuras	Granodiorita y andesitas	Au, Cu
Indé	Relleno de fisuras y Chimeneas	Calizas, pizarras y conglomerado	Pb, Ag, Au y Cu
Promontorio	Relleno de fisuras	Riolitas e ignimbritas	Ag, Au y Cu
Tovar	Relleno de fisuras	Andesitas	Ag, Au, Pb y Cu
El Papantón	Relleno de fisuras	Andesitas	Au, Ag, Pb y Cu

Las zonas mineralizadas de San Luis del Cordero, El Realito – Nazas, El Realito – Rodeo, Peñoles y Descubridora, entre otras, representan también importantes manifestaciones de Au, Ag, Zn, Pb y Cu.

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

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

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

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

Dominios Magnéticos

En la carta magnética de campo total, Santiago Papasquiaro G13-8, se identificaron cinco dominios magnéticos, indicados con las letras A_1, A_2, B_1, B_2 y C, diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

Es importante señalar que algunos de los dominios A_1 y A_2 que se mencionan en el presente texto no se ilustran en la figura 2, debido principalmente a cuestiones de escala del gráfico.

Dominio Magnético A_1

El dominio magnético A_1 se atribuye a rocas intrusivas de composición félsica a intermedia, se caracteriza por una respuesta con monopolos y dipolos magnéticos en un gradiente suave, presentando intensidades que varían de -150 a +200 nT (nanoteslas).

Este dominio magnético se detectó en 11 localidades, distribuidas en toda la carta, algunos de ellos se describen a continuación:

Aproximadamente a 5 km al SE del poblado de Guanacevi, en el extremo norponiente de la carta, se detectó un dominio A_1, el cual presenta forma circular y se correlaciona en superficie con tobas, ignimbritas y derrames riolíticos (INEGI, 1988). Localmente en las inmediaciones del rancho Agua Caliente, se ha identificado un intrusivo de composición diorítica (CRM, 1993), por lo que se interpreta que la

respuesta magnética corresponde a la extensión a profundidad de dicho intrusivo.

En la porción sur de la carta se detectó un dominio magnético A_1, el cual se ubica dentro del Graben de Santiaguillo (CRM, 1999a), continuándose en la carta Durango. La interpretación de la respuesta magnética sugiere dos posibilidades:

- Un intrusivo sepultado, emplazado en una zona de debilidad cortical.
- Relleno de rocas basálticas, asociadas al Graben de Santiaguillo

En las inmediaciones del poblado de San Luis del Cordero en la porción oriental de la carta, se detectó un dominio A_1, de forma alargada, con un rumbo NE-SW, se correlaciona en superficie con el afloramiento de un cuerpo intrusivo cretácico, el cual afecta a rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y se encuentra parcialmente cubierta por tobas ácidas terciarias (INEGI, 1988); En esta zona se tienen evidencias de mineralización de Au, Ag, Pb y Cu (CRM, 1993). Este dominio se interpreta como la respuesta a profundidad del cuerpo Igneo.

En el sector nororiente de la carta se detectaron dos dominios A_1; El primero se ubica en las inmediaciones de la sierra Descubridora, en donde se tienen evidencias de mineralización de Au, Ag, Pb y Cu. Se correlaciona parcialmente con un cuerpo ígneo intrusivo, así como con rocas sedimentarias Cretácicas, por lo que este dominio debe corresponder con la extensión a profundidad del cuerpo intrusivo.

El segundo dominio detectado en esta porción de la carta, se ubica en las inmediaciones del poblado de Cinco de Mayo (al sur del dominio anteriormente descrito), la correlación geológica que presenta es con unidades sedimentarias Jurásicas y Cretácicas. En base a la respuesta magnética, se interpreta la presencia de un cuerpo intrusivo bajo las unidades sedimentarias.

La ubicación, así como la correlación geológica superficial de los 6 dominios A_1 restantes se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2 DOMINIOS MAGNÉTICOS A_1 ATRIBUIBLES A INTRUSIVOS OCULTOS

Localización	Descripción	Correlación Geológica
1.5 km al oriente del poblado Cienega de Escobar	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 2.5 km de diámetro. Intensidad máxima de: 130 nT.	Tobas, ignimbritas y derrames riolíticos.
5 km al sur de Tepehuanes	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 2.5 km de diámetro Intensidad máxima de: 120 nT.	Conglomerado Terciario.
1 km al SW del poblado El Diamante	Respuesta magnética: dipolo. Aproximadamente 2 km de diámetro. Intensidad máxima de: 120 nT.	Calizas intercaladas con lutitas.
En las inmediaciones del poblado San José del Picacho	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 3 km de diámetro Intensidad máxima de: 85 nT.	Tobas, ignimbritas, derrames riolíticos y Conglomerado Terciario.
En las inmediaciones del poblado Navidad	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 5 km de diámetro Intensidad máxima de: 100 nT.	Tobas, ignimbritas y derrames riolíticos.
20 km al NE de San Pedro del Gallo	Respuesta magnética: dipolo. Forma elíptica Intensidad máxima de: 110 nT.	Intrusivo diorítico y Aluvión.

Nota: *Para ubicar con mayor precisión estas localidades, se recomienda apoyarse en la carta topográfica del INEGI y la Geológico-Minera del CRM a escala 1:250,000*

Dominio magnético A_2

Los dominios magnéticos A_2 se atribuyen a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y se caracterizan por presentar anomalías magnéticas monopolares y dipolares de alto gradiente y alta intensidad, que varía de -200 a 800 nT.

Se definieron 17 dominios A_2 dentro de la carta, en la mayoría de los casos se manifiestan como troncos aislados y en ocasiones se presentan alineados respecto a lineamientos magnéticos, indicando con esto que su emplazamiento se efectuó a lo largo de zonas de debilidad.

Dos dominios A_2 se definieron en la porción norte, los cuales se presentan asociados a un lineamiento magnético de rumbo NE-SW, interpretado como una zona de falla profunda.

El primero se localiza a 10 km al sur del poblado de Indé y se correlaciona con pizarras y cuarcitas de la formación Gran Tesoro, así como con las formaciones Aurora e Indidura. Localmente se han identificado pequeños apófisis de un cuerpo de composición monzonítica (CRM, 1993). Asociado a este dominio se encuentra el Distrito minero de Indé con mineralización de Au, Ag y Pb. En base a la respuesta magnética se interpreta este dominio como la extensión a profundidad del cuerpo intrusivo.

El segundo dominio se localiza aproximadamente a 10 km al NE de Indé, se correlaciona perfectamente con el afloramiento de un cuerpo intrusivo granítico con variaciones a granodiorita (INEGI, 1988), el cual se encuentra afectando a rocas sedimentarias cretácicas.

Este dominio se correlaciona también con tobas e ignimbritas del Oligoceno-Mioceno.

Se considera que el dominio detectado representa el comportamiento del cuerpo intrusivo a profundidad.

Otro dominio A_2 se detectó en la porción Poniente de la carta, en la Sierra Los Reyes, interpretándose como un cuerpo intrusivo el cual se localiza bajo la cubierta de tobas, ignimbritas y riolitas terciarias. En las inmediaciones del cuerpo interpretado se presentan evidencias de mineralización de Ag, Pb y Zn.

En esta zona se tiene identificado con interpretación estructural (CRM, 1999) un bloque levantado, por lo que es posible suponer que dicho levantamiento puede estar relacionado con el intrusivo interpretado.

Al SW del poblado de Rodeo en la región suroriental, se identificaron 2 dominios A_2, los cuales se asocian a un fallamiento profundo interpretado de dirección NE-SW. Se correlacionan con rocas volcánicas terciarias, tales como tobas, ignimbritas, riolitas, andesitas y basaltos, muy probablemente relacionadas con el campo volcánico de la Caldera Rodeo (CRM, op. cit.), se tienen evidencias de mineralización de Au, Ag, Pb, Cu, Th y fluorita; Ligeramente al norte de los dominios detectados existen afloramientos de un tronco intrusivo diorítico (INEGI, 1988).

Se sugieren dos posibilidades de interpretación para estos dominios detectados, la primera que correspondan a cuerpos intrusivos bajo la cubierta volcánica; La segunda posibilidad de interpretación es que pueden corresponder a los conductos de emisión del vulcanismo.

En el extremo NE del lineamiento magnético de rumbo NE-SW en donde se emplazaron los dos dominios A_2 anteriormente citados, se detectó una típica respuesta magnética dipolar, la cual define otro dominio A_2. Este dominio se correlaciona con el afloramiento del cuerpo intrusivo granodiorítico conocido como Tronco de Peras, con una edad estimada con métodos radiométricos de 47.2 $\pm$ 1.1 M.A (Clark, et. al., 1979).

Aproximadamente a 15 km al NE del poblado El Casco, se detectaron dos dominios A_2, los cuales se observan alineados respecto a un lineamiento magnético de rumbo NE-SW interpretado como un fallamiento profundo. En el primer caso, la correlación geológica que se observa es con un cuerpo intrusivo granítico, con rocas sedimentarias cretácicas y con aluvión; En el segundo caso se correlaciona superficialmente con aluvión.

En las inmediaciones de los dominios detectados se tienen evidencias de mineralización de Ag, Pb, Zn y Sb, interpretándose que su respuesta es debida a cuerpos intrusivos en forma de troncos que se emplazaron en una zona de debilidad cortical.

Aproximadamente a 15 km al SW de Tepehuanes, en la porción surponiente de la carta, se detectó otro dominio A_2. En esta zona existe una ventana geológica debida a erosión en donde afloran rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior, las cuales son afectadas por intrusiones ígneas de cuarzomonzonita, así como por diabasas de olivino.

Las rocas volcánicas alojan estructuras del tipo relleno de fisuras con mineralización de Ag, Au, Pb que constituyen el distrito minero de Tovar (CRM, 1993). La respuesta magnética se interpreta que es debida a un cuerpo intrusivo, definiéndose su extensión a profundidad.

La ubicación de los dominios A_2 restantes, así como su correlación geológica se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 DOMINIOS MAGNÉTICOS A_2 ATRIBUIBLES A INTRUSIVOS OCULTOS

Localización	Descripción	Correlación Geológica
En las inmediaciones de Santa María del Oro.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 5 km de diámetro. Intensidad máxima: 410 nT.	Pequeños afloramientos de un cuerpo intrusivo diorítico y tobas ácidas terciarias.
4 km al SW de Santa María del Oro.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 2 km de diámetro. Intensidad máxima: 250 nT.	Conglomerado terciario y aluvión
10 km al SE del poblado Posta de Jihuites.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 2.5 km de diámetro. Intensidad máxima: 410 nT.	Tobas, ignimbritas y derrames riolíticos.
15 km al NE de José María Morelos.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 3 km de diámetro. Intensidad máxima: 160 nT.	Aluvión, tobas, ignimbritas, derrames riolíticos y basálticos
10 km al Este del poblado Vizcaino.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 3 km de diámetro. Intensidad máxima: 370 nT.	Tobas, ignimbritas y derrames riolíticos
10 km al Oeste del poblado Leandro Valle.	Respuesta magnética: monopolo. Aproximadamente 3.5 km de diámetro. Intensidad máxima: 210 nT.	Tobas intermedias, basaltos y aluvión.
23 km al SW de Nazas.	Respuesta magnética: dipolo. Aproximadamente 2 km de diámetro. Intensidad máxima: 240 nT.	Tobas, ignimbritas, derrames riolíticos y aluvión.
5 km al Este del poblado Jesús González Ortega.	Respuesta magnética: monopolo. Forma Irregular. Intensidad máxima: 280 nT.	Conglomerado terciario, tobas, ignimbritas, derrames riolíticos y Aluvión

Dominio magnético B_1

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, se caracteriza por distorsiones, altos y bajos magnéticos que se agrupan formando zonas de bajo gradiente y baja intensidad magnética (-600 a +200 nT).

Dentro de la carta se detectó cubriendo grandes extensiones de terreno, principalmente en la porción poniente, correlacionándose con afloramientos de rocas volcánicas de composición félsica a intermedia (riolitas y tobas ácidas) que fueron emitidas como producto de la tectónica distensiva. Esta secuencia forma parte del Complejo Volcánico Superior, de edad Oligoceno-Mioceno (Mc. Dowell y Clabaugh, 1979).

Desde el punto de vista minero, esta unidad presenta gran importancia debido a que aloja un número considerable de estructuras mineralizadas.

Dominio magnético B_2

El dominio magnético B_2 se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, representada por monopolos y dipolos magnéticos distribuidos en forma caótica, con intensidades que varían de –1500 a 900 nT., presentan pequeña distancia dipolar, formando zonas de alto gradiente.

Este dominio se detectó principalmente en la porción poniente de la carta, correlacionándose con ignimbritas, tobas ácidas, andesitas y basaltos, como sucede en el campo volcánico Rodeo.

Se presenta también correlacionándose con morfologías abruptas ya que se detectó en Sierra La Candela y parcialmente se correlaciona con la Sierra Promontorio en donde se localiza el distrito minero del mismo nombre.

Dominio magnético C

El dominio magnético C esta representado por distorsiones magnéticas suaves que forman zonas de bajo gradiente. Presenta intensidades que varían de –200 a 100 nT. Se atribuye principalmente a rocas sedimentarias.

Este dominio se detectó ampliamente en la porción oriente y nororiente de la carta, correlacionándose con las unidades sedimentarias de la formación Mezcalera (Araujo y Arenas, 1986), así como con las formaciones Cupido, Aurora, Cuesta del Cura, Ahuichila y Santa Inés.

El dominio magnético C se encuentra afectado también por cuerpos intrusivos (dominios A_1 y A_2) que constituyen troncos emplazados principalmente en zonas de falla profunda de rumbo NE - SW.

Lineamientos y curvolineamientos magnéticos.

Los lineamientos magnéticos están representados por líneas interrumpidas y se atribuyen en algunos casos a zonas de debilidad o fallas de origen profundo cuya manifestación superficial no es evidente en la mayoría de los casos (Figura 2).

Se detectaron dos sistemas principales de lineamientos magnéticos, los cuales presentan una orientación general NW-SE y NE-SW.
Los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE se observan distribuidos principalmente en la porción central y poniente de la carta,

resultando de particular interés la respuesta detectada en la porción central, en donde se define un bloque magnético levantado, de aproximadamente 20 Km de ancho y 160 Km de largo, el cual atraviesa prácticamente toda la carta, sirviendo de límite entre dos provincias morfotectónicas (Sedlock, 1993), al poniente la Sierra Madre Occidental caracterizada por el predominio de rocas volcánicas y al oriente, la Provincia de Cuencas y Sierras en donde prevalecen las unidades sedimentarias.

Es importante señalar que dentro de este bloque, se encuentran los yacimientos de Santa María del Oro, en donde afloran las rocas más antiguas conocidas en la carta, lo que concuerda con la interpretación realizada de un levantamiento del basamento magnético.

Este lineamiento interpretado como un alto del basamento magnético continúa hacia el suroriente, asociándose en la carta Durango con el intrusivo de Peñón Blanco, el cual produce una anomalía magnética de forma alargada en el subsuelo, orientada con este lineamiento.

Los lineamientos de rumbo NE-SW se presentan ampliamente distribuidos en toda la carta, interpretándose en algunos casos que han servido de conducto para el emplazamiento de pequeños troncos intrusivos (dominios A_1 y A_2), como sucede en las cercanías de San Luis del Cordero, Indé y Peñoles, conformando un patrón de fallas profundas paralelas (Figura 2).

Por otra parte, se definieron cuatro curvolineamientos magnéticos, estos se localizan en la porción poniente de la carta y se correlacionan con unidades volcánicas tanto ácidas como básicas.

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 0.1 ciclos/Km para las porciones centro y oeste de la carta y 0.15 para la porción este.

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

Con base en los resultados de la interpretación regional de la carta magnética, se definieron 5 zonas prospectivas por mineralización polimetálica que se asocian a los dominios A_1 y A_2, así

como a los lineamientos y curvolineamientos detectados, cuyo contexto geológico y evidencias superficiales de mineralización, las señalan como zonas de interés geológico-minero con posibilidades de ser prospectadas (Figura 5).

En las porciones sur y suroriente de la carta se define una zona de particular interés, debido a la presencia de 4 dominios magnéticos A_2, así como a las condiciones litológicas y estructurales que se conjuntan; Por una parte se tiene identificada en la interpretación estructural la Caldera Rodeo (CRM, 1999) y por otro lado, la información magnética indica la existencia de fallamientos profundos en dirección NW-SE y NE-SW que se intersectan. Aunado a estas condiciones, existen afloramientos de cuerpos intrusivos dioríticos y evidencias de mineralización de Au, Ag, Pb, F y Sn (CRM, 1993).

Otra zona de interés corresponde a los cuerpos intrusivos que se ubican en las cercanías del Distrito Minero Indé, (porción norponiente), los cuales de acuerdo a la información magnética se emplazaron a lo largo de una zona de debilidad de rumbo NE-SW, por lo que las posibilidades de mineralización no se limitan sólo a los cuerpos señalados, extendiéndose a toda la zona de debilidad que puede estar representada por fallamientos o por la presencia de pequeños troncos intrusivos que no son mapeables a la escala de este trabajo.

Al NE de la carta se define una zona de interés, en donde se tiene el alineamiento, en dirección NW-SE de 3 dominios magnéticos A, que se debieron emplazar a lo largo de una zona de debilidad cortical, dentro de esta zona afloran cuerpos ígneos así como unidades sedimentarias que van desde el Jurásico al Terciario; Existen además evidencias de mineralización de Sb, Ag, Pb, Cu y Sn (CRM, 1993).

El área que se ubica al SW del poblado de Tepehuanes, en la porción surponiente de la carta se considera una zona prospectiva, debido a que se interpretaron dos cuerpos intrusivos, uno de ellos se correlaciona con el afloramiento de un cuerpo intrusivo monzonítico muy probablemente relacionado con la mineralización del Distrito Tovar, el otro intrusivo posiblemente se encuentra oculto.

La Sierra de Reyes al Poniente de la carta constituye una zona prospectiva, en esta área se interpretó un intrusivo el cual muy probablemente esta relacionado con la mineralización de Au, Ag y Pb existiendo una amplia zona del cuerpo intrusivo por explorar, incluyendo el curvolineamiento magnético que se encuentra bordeando la porción oriente de dicho intrusivo.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

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

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

Tabla 1.- Tipos de Yacimientos Minerales

Tabla 2.- Dominios Magnéticos A_1 atribuibles a intrusivos ocultos

Tabla 3.- Dominios Magnéticos A_2 atribuibles a intrusivos ocultos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo M. J., Arenas P. R., 1986. Estudio Tectónico-Sedimentario en el mar mexicano estados de Chihuahua y Durango, Sociedad Geológica Mexicana Bol. Tomo XLVII, Vol. 2 p. 43-88.

Briggs I. C., 1974. Machine contouring using mininum curvature (spline). Geophysics. Vol. 39, No. 1, p. 32-42

Cantú Chapa C. M., Sandoval S. R. y Arenas P. R., 1985. Evolución sedimentaria del cretácico inferior en el norte de México. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, V. 17 Núm. 2 p. 14-37.

Clark, K. F., Damon, P. E., Schutter, S. E. and Shafiqullah, M.,1979. Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos. AIMMGM, XIII Conv. Nacional, Memoria. Pp. 8-57.

Consejo de Recursos Minerales, 1993. Monografía Geológico - Minera del Estado de Durango. SEMIP Publicación M-10e, 204 p.

Consejo de Recursos Minerales, 1999. Plano de interpretación estructural. Carta Geológico-Minera y Geoquímica Santiago Papasquiaro (en preparación).

Consejo de Recursos Minerales, 1999a. Carta Magnética Durango G13-11, escala 1:250,000. Texto guía, CRM, SECOFI.

Córdoba Diego A. y Silva Mora L., 1989. Marco geológico del área de Revolución - Puerta de Cabrera, estado de Durango. UNAM, revista del Instituto de geología, vol. 8, núm. 2, p. 111 – 122.

Eguiluz, A. S., 1984. Fallas transcurrentes en el norte de México: VII Convención Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, Memorias p.60 – 74.

IAGA, División V. Wirking Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992. International. Geomagnetic Reference Field. Revision 1991. Geophysics. Vol. 57, Num. 57, p.956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1992. Carta Topográfica Santiago Papasquiaro G13-8. Escala 1:250,000. 3ª Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1988. Carta Geológica Santiago Papasquiaro G13-8. Escala 1:250,000. 1ª Impresión.

McDowell y W. Clabaugh S. E., 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of Western Mexico, in ash flow tuffs. Edited by Charles E. Chapin and Wolfaugh E. Elsston, Geological Society of America. Special paper.

Pantoja Alor, J., 1963. Hoja San Pedro del Gallo 13R-k (3), Resumen de la geología de la hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango. Universidad Autónoma de México. Instituto de geología. Carta geológica de México serie 1:100,000, núm. 2.

Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez, F., and Speed, R. C., 1993 Tectonostratigraphic terranes and Tectonic evolution of Mexico. Geol. Soc. of. Ameica. Special Paper 278. 153 p.

Tovar R. J. C., 1981.Provincias con posibilidades petroleras en el distrito de Chihuahua: Asociación Mexicana de geólogos petroleros Boletín, v. 33 p. 25-51.

Urrutia F. J. and Campos E. J. Q., 1993. Geomagnetic secular variation central

Mexico since 1923 and comparision with 1945 - 1990. Models, Journal Geomag. Geoelect., 45, p. 1 - 7.

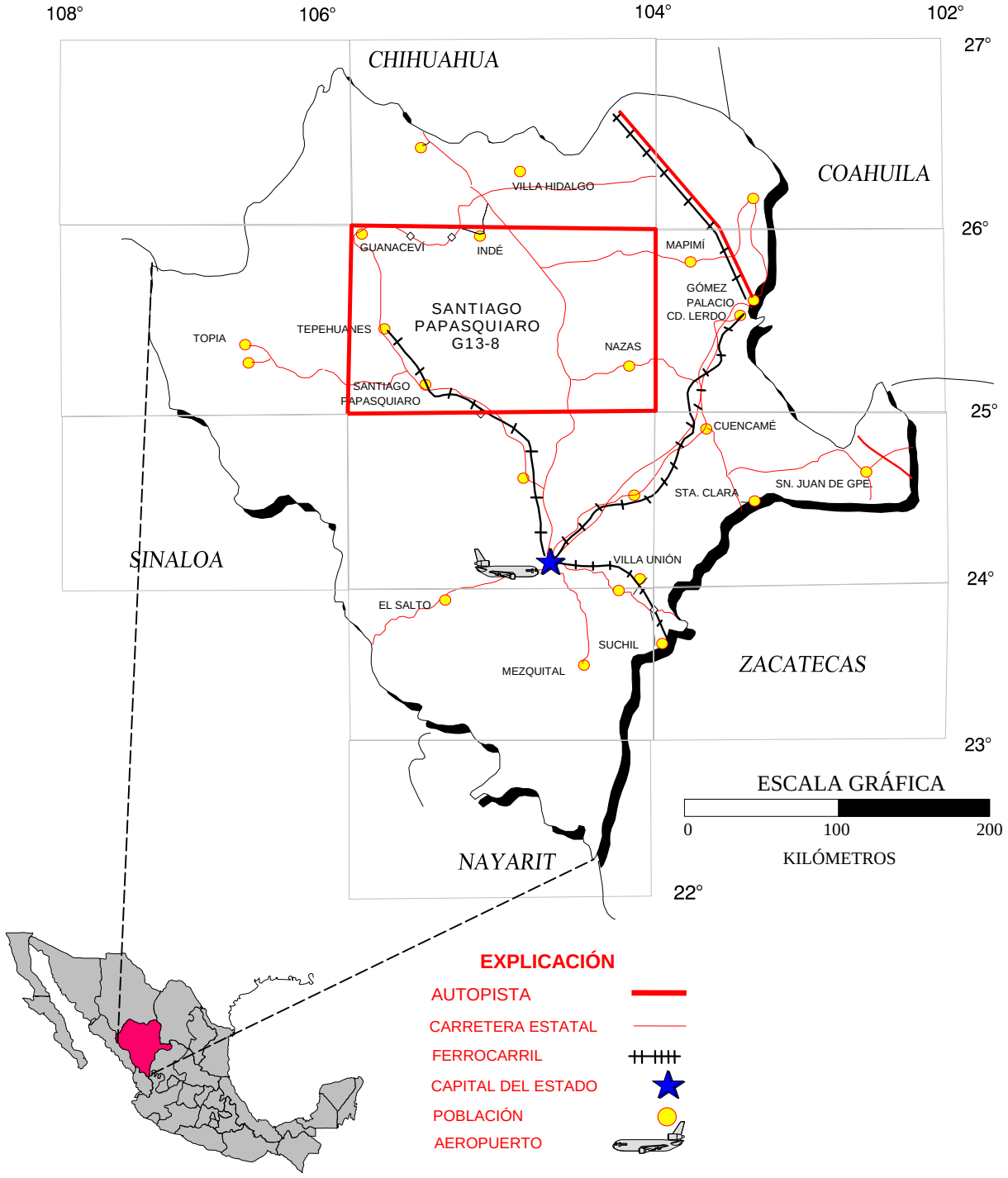
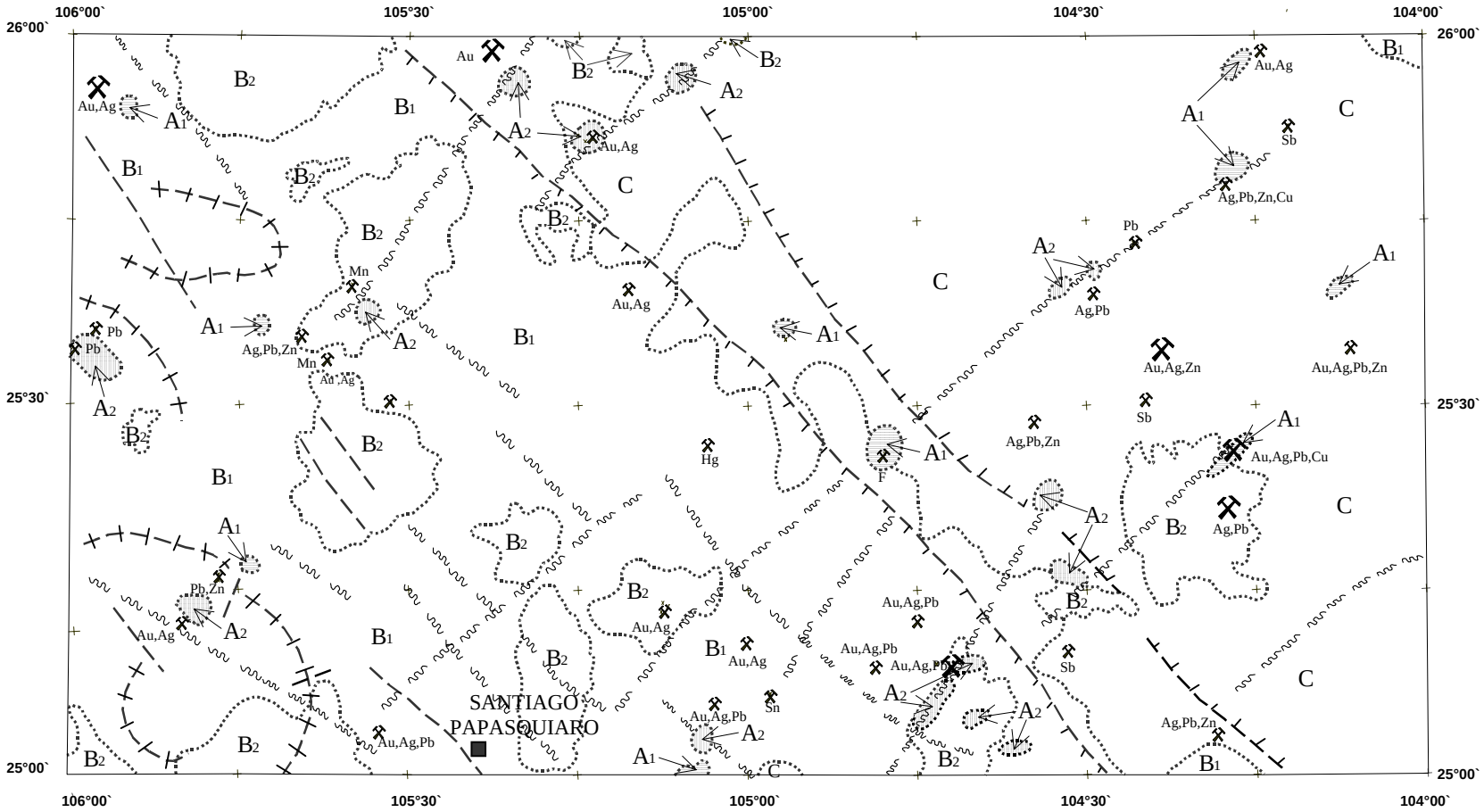


FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACIÓN

SANTIAGO PAPASQUIARO G13-8



EXPLICACIÓN DE ELEMENTOS INTERPRETADOS

- Límite de dominio magnético
- Dominio magnético (A1)
- Dominio magnético (A2)
- Lineamiento Magnético indefinido
- Probable falla profunda
- Curvolineamiento magnético
- Bloque magnético levantado

- Localidad minera y sustancia — Au
- Distrito minero y sustancia — Au

ESCALA GRÁFICA

0 25 50

KILÓMETROS

DOMINIOS MAGNÉTICOS

A1.- Cuerpo igneo intrusivo interpretado

A2.- Cuerpo igneo intrusivo de composición intermedia a máfica

B1.- Rocas volcánicas de composición félsica (Riolitas e Ignimbritas)

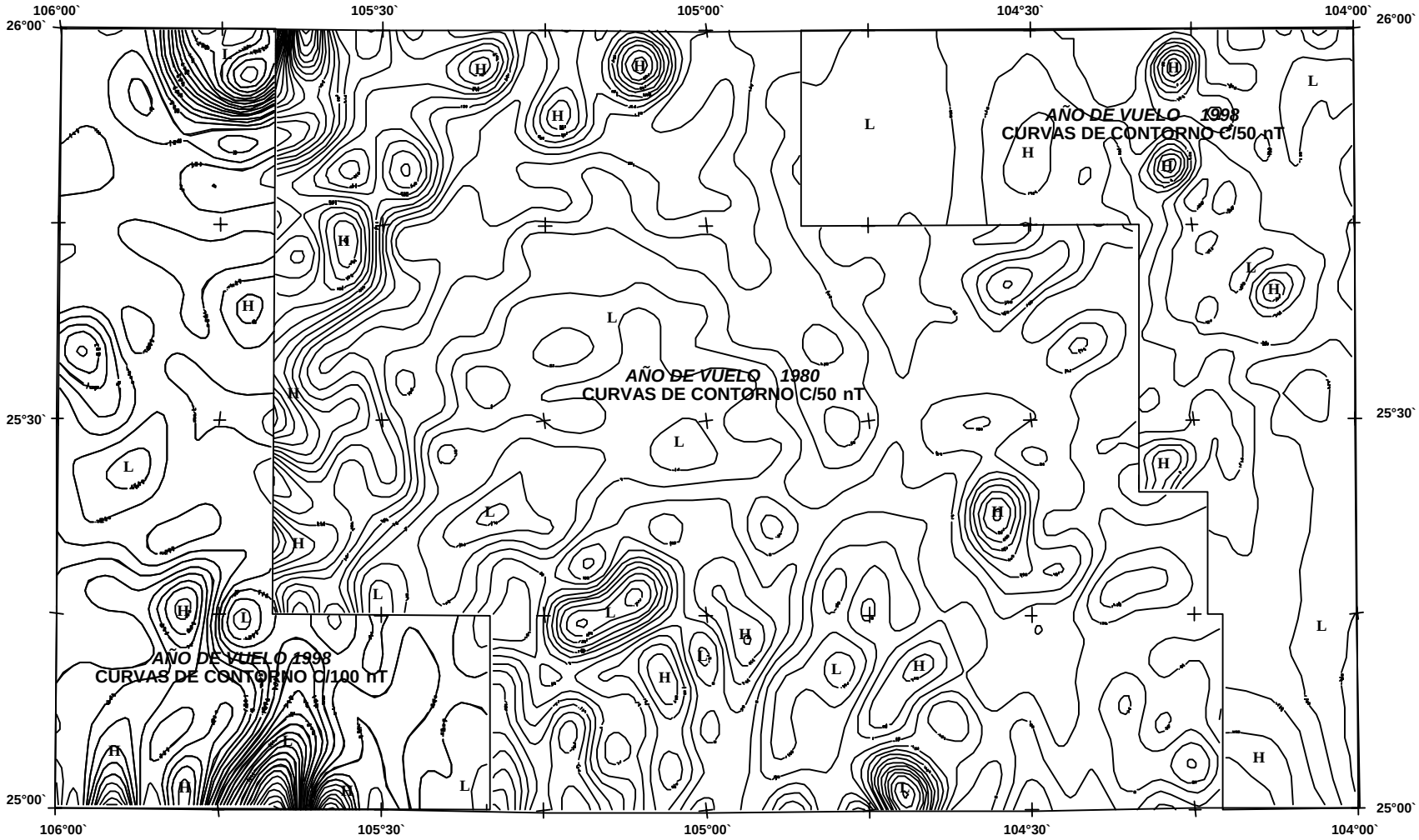
B2.- Rocas volcánicas de composición intermedia a máfica (Andesitas basálticas y basaltos)

C.- Rocas sedimentarias marinas (Calizas, Lutitas, Areniscas)

NOTA:
Localidades y distritos mineros tomados de la monografía geológico-minera del estado de Durango C.R.M.

FIGURA 2- INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

SANTIAGO PAPASQUIARO G13-8



Alto Magnético (H) Bajo Magnético (L)

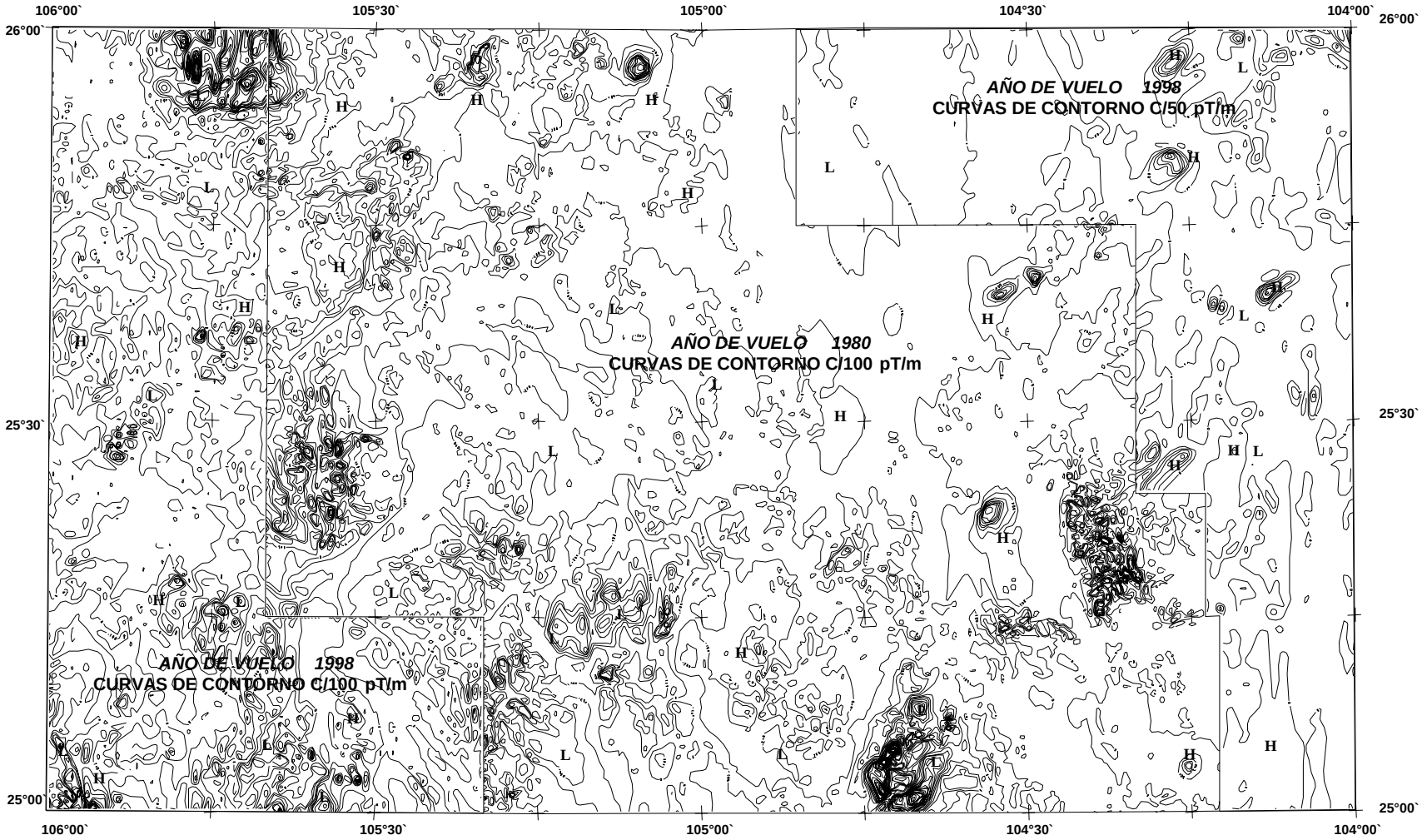
ESCALA GRÁFICA

0 25 50

KILÓMETROS

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

SANTIAGO PAPASQUIARO G13-8



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)

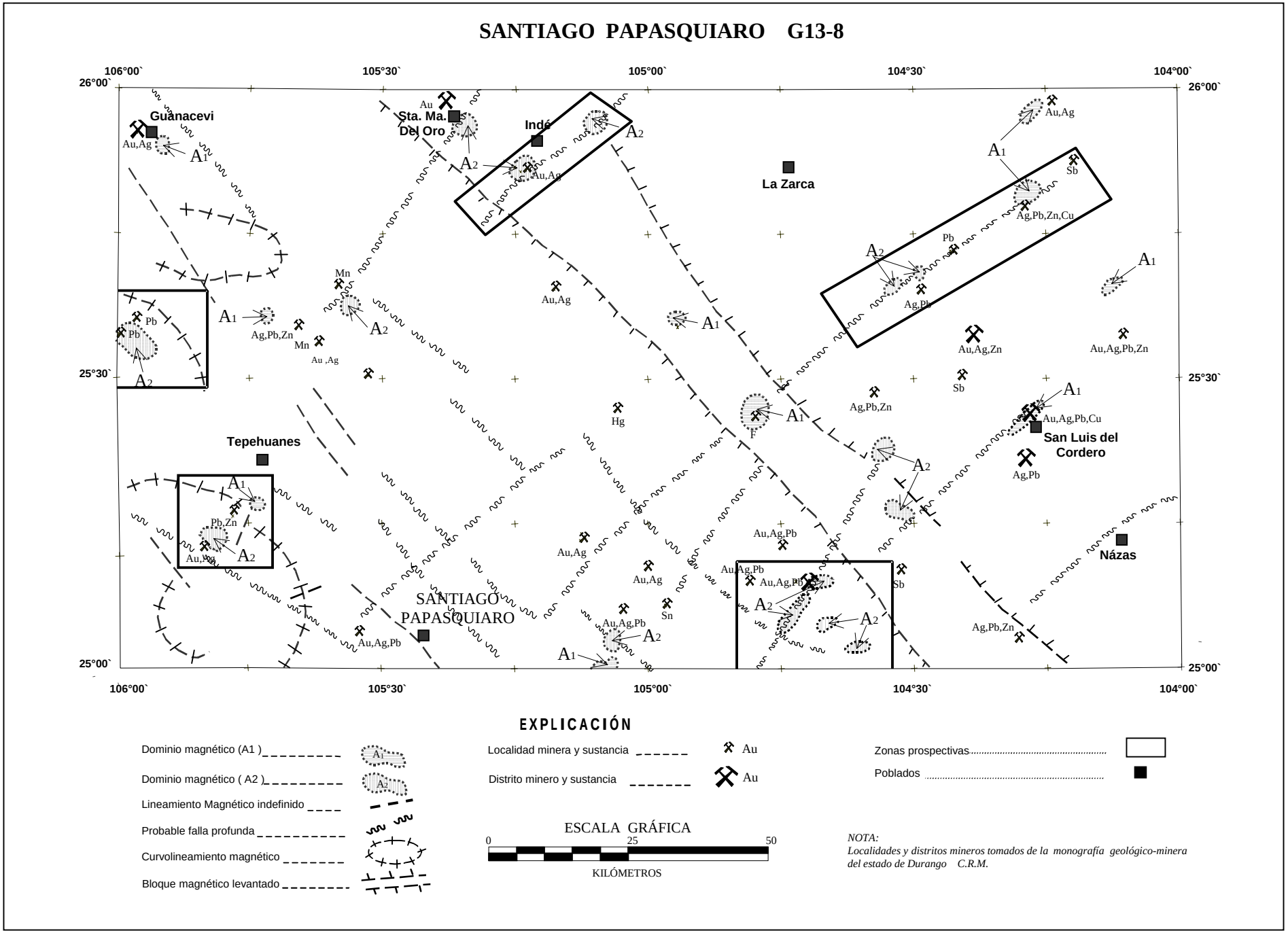


FIGURA 5.- ZONAS PROSPECTIVAS A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL