CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA | SE

# *CONSEJO DE RECURSOS MINERALES*

# CARTA MAGNÉTICA

# " MORELIA E14-1"

## *Estados de Michoacán, México y Guanajuato*

**Escala 1:250,000**

**Texto Guía**

**Por: Ings. Raucel Pascacio Toledo**
**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

1.1 INTRODUCCIÓN
1.2 FUENTES DE INFORMACIÓN
1.3 PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN EL LEVANTAMIENTO
1.4 PROCESAMIENTO DE DATOS
1.5 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 en el territorio nacional, con el objeto de proporcionar al usuario la información que permita estudiar en forma indirecta las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo que conlleven a seleccionar zonas prospectivas, en la búsqueda de nuevos depósitos de yacimientos minerales.

La carta magnética Morelia E14-1 a escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, se ubica en la porción nororiente del estado de Michoacán, cubre porciones de los estados de México y Guanajuato abarca una superficie de 23,249 $Km^2$.

El levantamiento aeromagnético se realizó con avión durante el año de 1999 a una altura promedio de 300 m sobre la superficie del terreno, con líneas de rumbo N-S a una separación de 1,000 m y con líneas de control a cada 10,000 m.

Los datos obtenidos en el levantamiento se presentan (en la carta magnética) como curvas de contorno de isovalores del Campo Magnético Total (CMT) corregido por IGRF, indicando su intensidad en contrastes de color.

La interpretación cualitativa de carácter regional permitió definir 4 grupos de dominios magnéticos denominados $A_1$, $B_1$, $B_2$ 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 cualitativa junto con el marco geológico minero estructural dio como resultado 3 zonas prospectivas para explorar por mineralización polimetálica y preciosa. Estas zonas se asocian con los dominios magnéticos $A_1$.

La primera zona prospectiva se localiza en la porción oriental de la carta, se asocia con un dominio magnético $A_1$ que se interpretó como la extensión en el subsuelo de un intrusivo de composición granítica-granodiorítica, resulta de interés la exploración hacia el norte y oriente de este dominio $A_1$, ya que se ubica dentro de las rocas volcanosedimentarias metamorfizadas del subterreno Huetamo-Arcelia. Se correlaciona en su porción norte con mineralización de cobre, plomo y zinc en el distrito de Tiámaro.

La segunda zona prospectiva se ubica en la porción norte-central de la carta, se asocia con un dominio magnético $A_1$, que se interpretó como la extensión en el subsuelo de un tronco intrusivo que aflora parcialmente en el extremo norte de la carta. Es de interés su exploración hacia el norte y oriente del dominio $A_1$, ya que existe mineralización de oro y plata en la mina El Tigre, localizada hacia el norte, dentro de la carta magnética Querétaro.

La tercera zona prospectiva se localiza en esquina surponiente de la carta, se asocia con un dominio magnético $A_1$, el cual se correlaciona en superficie con un intrusivo de composición granítico-granodiorítica emplazado dentro de un lineamiento magnéticos NW-SE y emplazado en rocas andesíticas terciarias, resulta de interés su exploración por mineralización de cobre. Esta zona se encuentra en la región minera de San Isidro y La Huacana.

# CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES

## I.1.- INTRODUCCIÓN

En virtud de la dificultad cada vez mayor para la localización de los yacimientos minerales ocultos en el subsuelo, surge la necesidad de auxiliarse con 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 que conduzcan a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados.

El Consejo de Recursos Minerales, tiene la misión de elaborar cartas geofísicas aeromagnéticas en las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética Morelia E14-1, escala 1:250,000, forma parte de una serie de publicaciones dentro de este programa, las cuales aportan información básica que permita fundamentar futuras exploraciones.

Esta carta corresponde a un mapa de intensidad magnética total corregido por IGRF, obtenido a partir de los vuelos aerogeofísicos realizados durante el año de 1999.

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

## 1.2.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.) en el año de 1999.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de la carta topográficas del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1978).

## 1.3.- PARÁMETROS Y EQUIPO UTILIZADO EN LOS LEVANTAMIENTOS

Este levantamiento efectuado por el CRM, consistió en vuelos a 300 m de altura con líneas de rumbo N-S a una separación de 1,000 m y con líneas de control a cada 10,000 m. El posicionamiento de trayectorias de vuelo se llevo a cabo mediante el sistema de navegación por satélite (GPS) Ashtech y Sistema Glonass.

Este levantamiento se realizo con un avión bimotor Islander, equipado con un magnetómetro marca Geometrics modelo G-228 con sensor magnético fijo de vapor de cesio, el cual tiene una sensibilidad de 0.001 nT.

## 1.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la integración de datos y la generación de los mapas, se realizaron las siguientes etapas:

### a) Integración de la información magnética

La información digital de los vuelos aeromagnéticos se integraron y procesaron mediante el software Geosoft, generándose una rejilla de datos con un tamaño de celda de 200 x 200 m. Los procesos que se aplicaron a la información magnética consistieron en: corrección por deriva y líneas de control y corrección por movimiento del avión (compensación magnética).

### 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 en este lapso aproximadamente 48.07 nT (Nanoteslas) 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 sustrajo el valor del campo geomagnético

tomando en cuenta la posición geográfica del área, las fechas de levantamiento y altura de vuelo.

Esta corrección se realizó utilizando el valor de IGRF95 (Internacional Geomagnetic Reference Field) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnétismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

En esta etapa mediante desplegados gráficos del mapa, se revisó que el procesamiento de los datos fuera el correcto.

### c) Generación del mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250,000, los datos se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z. Se utilizó el algoritmo de interpolación por mínima curvatura (Briggs, 1974). La generación de curvas de contorno se realizó con el software ARC/INFO, empleando un regrid al tamaño de celda en la rejilla de 50 x 50 m. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Ultrasparc II, con disco duro de 4.2 Gb, 262 Mb de RAMY velocidad de 300 Mhz.

### d) Graficación

El desplegado gráfico se realizó en un graficador de inyección de tinta Hewlett Packard 755 cm. 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 Morelia E14-1 escala 1:250,000 con formato cartográfico INEGI, comprende una superficie de 23, 249 $Km^2$ y abarca la porción nororiente del Estado de Michoacán (Figura 1).

La edición cartográfica se efectúo con el paquete Arc/Info. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 80 nT indicando los bajos magnéticos en tonos azul y verde y altos magnéticos en tonos rojos como se indica en el espectro de valores de la carta; esto es con la finalidad de visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos. Las curvas de contornos se graficaron a cada 40 nT.

En la interpretación cualitativa de carácter regional, se indica con línea punteada los límites de los dominios litomagnéticos y con líneas onduladas y discontinuas, los lineamientos magnéticos asociados a fallas profundas y probables.

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

La síntesis geológica que se presenta a continuación, se tomó del resumen del texto explicativo de la carta geológico - minera Morelia, (Montiel y otros, 1998); por lo que, de requerir mayor detalle de la información expuesta se recomienda consultar directamente dicho texto, en donde se ha desarrollado ampliamente la geología regional de la carta.

En la superficie que cubre la carta convergen dos unidades tectónicas diferentes con características propias, la base está constituida por el Terreno Guerrero (Campa y Coney, 1983); y la otra superpuesta representada por el Sistema Neovolcánico Transmexicano. La porción del Terreno Guerrero que aflora en el área se ha dividido en los subterrenos: Teloloapan y Huetamo - Arcelia, la relación entre ambos subterrenos es tectónica.

El subterreno Huetamo - Arcelia, ocupa la porción centro - sur de la carta. La unidad más antigua corresponde a una secuencia metasedimentaria que aflora en la porción centro - sur de la carta, (Núcleo del Anticlinal de Tzitzio). Litológicamente corresponde a esquistos, filitas, cuarcitas, metareniscas y radiolaritas de facies esquisto verde. Su edad es de 157 m.a. También en el límite sur de la carta, aflora una diorita (La Noria) que intrusiona únicamente al Complejo Metamórfico y comparte su deformación.

En la porción suroriente aflora la Unidad Arcelia, constituida por una secuencia de rocas volcánicas de composición basáltico - andesítica con niveles de brechas, aglomerados y lavas en coladas y almohadillas, intercaladas con sedimentos terrígenos y radiolaritas. La base de la Unidad Arcelia, no se observa pero se sobrepone tectónicamente al subterreno Teloloapan desde San Juan Acatitlán, hasta el norponiente de Zitácuaro. El contacto superior se observa en la región de Jungapeo -20 de Noviembre, y se manifiesta como un cambio transicional a una secuencia de areniscas y limolitas con fauna de amonoideos y plantas, conglomerados y calizas con fauna del Cretácico Inferior correlacionable con la Formación San Lucas (Pantoja, 1959).

En la localidad El Pilón-Tiámaro esta relación es tectónica producto de movimientos subhorizontales de la secuencia terrígena.

Sobre la carretera a las rancherías La Coyota-El Paso, en la porción suroriente de la carta la facies San Lucas pasa transicionalmente a capas rojas; constituidas por una alternancia de conglomerados, areniscas, limolitas y horizontes de caliza. En la región de Carácuaro estas facies pasan transicionalmente a los Conglomerados Acuyo (CRM-UAG, 1996). Los cuales afloran en la porción sur de la carta y están constituidos por conglomerados con clastos volcánicos, areniscas volcánicas, limolitas y niveles de lavas andesíticas, se encuentran en relación con el Arco Volcánico de Amengarícuaro (CRM-UAG 1996).

En la Presa del Bosque (Zitácuaro) aflora un intrusivo de composición diorítica de 129 $\pm$ 5 m.a.; aparentemente es cubierto por la Unidad Arcelia sin mostrar evidencias de intrusión.

En la porción sur oriente de la carta, en la terracería El Tremesino-El Hondable, aflora la Unidad Arcelia y se encuentra afectada por un intrusivo de composición granítica a granodiorítica de 107 $\pm$ 5 y 95 $\pm$ 5 m.a. En la región de Carácuaro en la porción sur – centro de la carta aflora un intrusivo granítico de dimensiones batolíticas que afecta a los Conglomerados Acuyo y al Complejo Metamórfico principalmente.

El subterreno Teloloapan, ocupa la porción oriente de la carta, aflora desde Temascaltepec en el sur oriente, hasta Tlalpujahua al norte, en una franja norte - sur cubierta parcialmente por material volcánico cenozoico. La unidad más antigua es una secuencia con metamorfismo de facies de esquisto verde, compuesta por esquistos, pizarras, filitas y horizontes de caliza, (Esquisto Tejupilco, D'Cerna 1983), en la mina Tizapa por isotopía de Pb/Pb se reportan edades de 227.5, 188.3 y 156.3 m.a.

En las regiones nororiente y suroriente de la carta, aflora una secuencia metamorfizada de facies de esquisto verde, constituida de andesitas, areniscas y volcanoclásticos finos (Formación Villa de Ayala, Guerrero, et al., 1990). Su posición es tectónica cabalgando al Esquisto Tejupilco (Salinas, 1994), aunque por su menor deformación con respecto a estos últimos, pudiera existir una discordancia entre ellos. La Formación Villa de Ayala pasa transicionalmente a volcanoclásticos interestratificados con lentes calcáreos, grauvacas y tobas, (Formación Acapetlahuaya del Aptiano Superior, Guerrero y otros, 1990). Debido a que sus afloramientos son de dimensiones restringidas se incluyen dentro de la Formación Amatepec, constituida por una alternancia de calizas, areniscas y pizarras.

La Formación Amatepec en la porción suroriente de la carta, cubre tectónicamente al Esquisto Tejupilco y pasa, hacia la cima, transicionalmente

al “flysch” de la Formación Miahuatepec al que le sobreyacen tectónicamente las lavas masivas y en almohadillas de la Unidad Arcelia.

En la región de Tizapa en la porción suroriente el Esquisto Tejupilco es afectado por un intrusivo granítico deformado dúctilmente. La presencia de xenolitos evidencia su carácter intrusivo; sin embargo, se observa en una relación tectónica, en la que el Esquisto Tejupilco cabalga sobre el intrusivo, generando el desarrollo de esquistos blastomiloníticos y augengneis granítico.

Los dos subterrenos antes descritos comparten una cubierta cenozoica predominantemente volcánica. En discordancia sobre las unidades mesozoicas se depositan las secuencias volcánicas de la Sierra Madre Occidental que ocupan parte de la zona centro - oriental de la carta. A la base afloran andesitas afectadas por un intrusivo granítico - granodiorítico (K/Ar, 32 $\pm$ 1 m.a. Damon, 1981). En el extremo suroriente, aflora una secuencia de conglomerados, areniscas y limolitas correlacionables con la Formación Balsas (Fries, 1960). Cubriendo discordantemente aflora un paquete volcánico de riolitas, conglomerados volcánicos, ignimbritas, tobas riolíticas y tobas andesíticas cuyas edades fluctúan de 33.4 a 14.1 m.a. (Pasquaré, y otros, 1991).

Posterior al volcanismo de la Sierra Madre Occidental se genera el volcanismo del Sistema Neovolcánico Transmexicano distribuido ampliamente en la carta. Primeramente se depositan basaltos, andesitas y dacitas con edades K/Ar de 13 a 4.3 m.a. Para el Plioceno el volcanismo se manifiesta como domos, conos, piroclásticos y maars de composición andesítica, basáltica y riolítica con edades de 2.8 a 1.6 m.a.

El Pleistoceno está representado por basaltos en estructuras de conos y volcanes en escudo. En el Holoceno se desarrollan volcanes monogenéticos, conos cinder y maars que coronan a las unidades anteriores. Las últimas pulsaciones volcánicas produjeron materiales piroclásticos riolíticos en avalanchas (lahares). Finalmente se depositan sedimentos lacustres que se observan principalmente en la porción norponiente.

La deformación dúctil es más conspicua en las secuencias mesozoicas; el Esquisto Tejupilco presenta tres fases de deformación dúctil mientras que gran parte del subterreno Teloloapan presenta dos fases. Las esquistocidades se asocian a pliegues isoclinales con ejes orientados NW-SE preferentemente. En el subterreno Huetamo - Arcelia se observan estructuras de deformación dúctil en su porción basal, mientras que en las porciones superiores solo se desarrollan asociadas a pliegues recostados (Carácuaro y Tzitzio) y a cabalgaduras (contacto en el subterreno Teloloapan).

La deformación frágil se presenta con fallas normales de orientación N 40º a 80º E y de N 50º a 80º W. En las secuencias volcánicas cenozoicas los rumbos principales son en un rango de N 60º a 90º E que indican esfuerzos compresivos máximos en esta dirección y casi subhorizontal con componentes laterales sinestrales E-W, (Fallas Morelia, Los Azufres y Tlalpujahua). Asimismo, existen grandes basculamientos.

Las implicaciones tectónicas que se vislumbran con este trabajo son importantes ya que se aportan elementos para asociar genéticamente a las unidades Huetamo y Arcelia, consideradas anteriormente (Talavera 1992, Salinas 1994), como independientes. De la misma manera se plantea la relación genética entre las Capas Rojas Tuzantla y los Conglomerados Acuyo del Cretácico, antes correlacionados con la Formación Balsas del Eoceno (Pantoja, 1959, Pasquaré y otros, 1991).

En el trabajo de referencia, los distritos mineros se han relacionado a unidades tectonoestratigráficas y delimitan franjas mineralizadas con evidentes relaciones genéticas particulares internas. Se estableció también que la mineralización dentro de la carta se produjo probablemente, en tres épocas metalogenéticas distintas. La mineralización polimetálica singenética de sulfuros

masivos asociada a eventos volcánicos exhalativos acaecidos durante el Jurásico Tardío.

Las menas cupríferas, se relacionan a eventos hidrotermales producidos durante el emplazamiento del Batolito de Tingambato; a fines del Cretácico, la mineralización epitermal se relaciona a la tectónica e hidrotermalismo epigenético de la evolución del Sistema Neovolcánico Transmexicano, con mineralización del Mioceno Tardío.

Las vetas auroargentíferas epitermales de la Franja El Oro – Ixtapan - Temascaltepec en la porción suroriente de la carta, encajonan en metavolcánicas y metacalizas, se presentan en forma tabular. La ganga es de cuarzo con sulfosales, sulfuros de plata, seleniuros de plata y oro, así como oro nativo. Los yacimientos hidrotermales polimetálicos se encajonan en las andesitas miocénicas, en forma tabular. Los minerales principales son esfalerita, galena, pirita y argentita, con un zoneamiento de Zn-Pb-Ag de SW al NE, aumentando las perspectivas de mineral de plata hacia el NE.

Los yacimientos volcanogénicos polimetálicos del área de Zacazonapan en la porción suroriente, están emplazados en rocas del subterreno Teloloapan (mina de Tizapa). Se han determinado evidencias de otros depósitos de este tipo en las cercanías, dentro del mismo ambiente tectonoestratigráfico.

En el distrito de Tiámaro en la porción suroriente, existen evidencias de mineralización de pórfido cuprífero, donde existen varias localidades mineras. La mineralización se observa de manera irregular en stockworks y zonas de diseminación en pórfido riolítico y andesitas, afectadas por un intrusivo. El mineral hipogénico principal es la calcopirita, asociada a pirita y bornita.

Vetas epitermales con contenidos de Ag y Sb afloran en el distrito de Tzitzio en la porción central, la mineralización es de cuarzo con estibinita, sulfuros y sulfosales de plata, emplazadas en pizarras de la secuencia basal del subterreno Huetamo - Arcelia y con frecuencia se relacionan a diques dacíticos. Se trata en general de vetas de pequeñas dimensiones. En la zona mineralizada de San Diego Curucupaseo, existen vetas auroargentíferas que encajonan en el intrusivo de Nocupétaro y los Conglomerados Acuyo.

Con la caracterización de los depósitos minerales dentro de la carta, se plantean nuevas perspectivas de exploración minera sobre las franjas mineralizadas propuestas. En forma relevante la Franja El Oro – Tlalpujahua - Temascaltapec en la porción nororiente y suroriente de la carta, reviste mayor importancia por su relación genética, al norte, con el distrito minero de Guanajuato, hacia el NE de Angangeo en la porción oriente, existen posibilidades de incrementar las reservas del distrito. En la región de Tíámaro en la porción suroriente, la exploración deberá ser enfocada hacia la búsqueda de alto tonelaje y baja ley de cobre. En la zona de San Diego Curucupaseo, en la porción centro - sur de la carta el potencial auroargentífero es atractivo, por la presencia de contenidos de oro y plata económicos. Las alteraciones más sobresalientes son silicificación y oxidación en la porción centro - sur de la carta.

Los yacimientos minerales no metálicos se distribuyen principalmente en la porción norte de la carta y están representados por depósitos de diatomitas, tierras fuller, arenas sílicas, caolín, arcillas, canteras y agregados pétreos.

## CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética tiene alcance de carácter regional por la escala del mapa, donde es posible la interpretación indirecta de rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución de las rocas ocultas como intrusivos, rocas sedimentarias, metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles estructurales para la presencia de depósitos minerales rasgos obtenidos sobre la base del contraste de

susceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originado éste por la presencia de óxidos y/o sulfuros de fierro dispersos en pequeñas cantidades en la matriz de las rocas.

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

Para obtener información con más detalle, en áreas específicas de interés que hayan sido seleccionadas de esta carta, 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 ó 1:20,000 donde se seleccionarán sucesivamente áreas más reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos, geoquímicos y geofísicos a detalle.

## Dominios Magnéticos

Se identificaron 4 tipos de dominios magnéticos identificados con las letras $A_1$, $B_1$, $B_2$ y C; los cuales son diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

### *Dominio Magnético $A_1$*

El dominio magnético $A_1$ se atribuye a rocas intrusivas de composición félsica a intermedia, se presentan en las porciones suroriente, surponiente y norte de la carta, conforma anomalías monopolares y dipolares con gradientes suaves e intensidades magnéticas que varían de –80 a +160 nT.

El dominio $A_1$ localizado en la porción suroriental de la carta, se atribuye a un cuerpo magnético que se correlaciona en gran parte con un intrusivo granítico-granodiorítico del Cretácico Superior que afecta a la Secuencia Volcanosedimentaria del subterreno Teloloapan, existe mineralización de Cu, Pb, Zn Ag y Au localizada en el límite norte de este dominio magnético.

El dominio magnético $A_1$ ubicado en la porción surponiente de la carta, presenta una orientación NW-SE e intensidad de +240 nT. Se correlaciona parcialmente en superficie con un intrusivo de composición granítica-granodiorítica emplazado en las rocas andesíticas paleógenas de la Provincia de la Sierra Madre Occidental, existen evidencias de mineralización de cobre en las porciones suroriente y poniente de este dominio $A_1$.

En la porción norte de la carta, se detectó un dominio magnético $A_1$ con intensidad de +240 nT que se interpretó, como la extensión en el subsuelo de un tronco granítico-granodiorítico que aflora parcialmente en el límite norte de la carta e intrusiona a rocas andesíticas y terciarias (Montiel y otros, 1998), existe mineralización auroargentífera en la mina El Tigre, ubicada al norte dentro de la carta magnética Querétaro.

### *Dominio Magnético $B_1$*

El dominio magnético $B_1$, se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia y se manifiesta en forma de distorsiones, altos y bajos magnéticos generalmente de pequeñas dimensiones, se agrupan formando amplias zonas de bajo gradiente y baja intensidad magnética que varían de –480 a +80 nT.

Los dominios magnéticos $B_1$ más extensos se localizan en las porciones: centro, oriente y norte de la carta, se correlacionan con afloramientos de ignimbritas, riolitas, andesítas, tobas andesíticas y basaltos, tanto de la Provincia de la Sierra Madre Occidental como del Sistema Volcánico Transmexicano, también existe correlación con afloramientos del subterreno Teloloapan (Esquisto Tejupilco y Formaciones Amatepec y Villa de

Ayala, en la porción oriental de la carta (Montiel y otros, 1998).

*Dominio Magnético $B_2$*

El dominio magnético $B_2$ se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, está representado por monopolos y dipolos magnéticos que se distribuyen caóticamente formando zonas de alto gradiente magnético con intensidades que varían de –800 a +480 nT.

Los dominios magnéticos $B_2$ se encuentran ampliamente distribuidos dentro de la superficie de la carta (Figura 2). Se localizan en las porciones: poniente, centro y centro-oriente, se correlacionan con afloramientos de rocas volcánicas, tanto de la Provincia de la Sierra Madre Occidental como del Sistema Volcánico Transmexicano.

*Dominio Magnético C*

El dominio magnético C, se atribuye a espesores importantes de rocas sedimentarias, volcanosedimentarias y metamórficas. Está representado por distorsiones magnéticas de bajo gradiente con intensidades que varían de –320 a +80 nT. Se localiza en las porciones centro-sur, suroriente y nororiente de la carta.

El dominio magnético C localizado en la porción centro-sur de la carta, se correlaciona con la secuencia metasedimentaria jurásica (núcleo del Anticlinal de Tzitzio) y con las rocas sedimentarias (conglomerados y calizas) del Cretácico Superior, ambas del subterreno Huetamo-Arcelia.

El dominio C incluye también las rocas intrusivas emplazadas en la secuencia metasedimentaria y que no presentan contraste magnético anómalo debido probablemente a procesos de metamorfismo y alteración de los minerales ferromagnéticos.

El domino magnético C ubicado en la porción: sur de la carta, entre las poblaciones de San Diego Curucupaseo y Nocupétaro, se atribuye a la secuencia basal metamorfizada del subterreno Huetamo-Arcelia y a las rocas intrusivas graníticas del Cretácico Superior que no presentan contraste magnético.

El dominio magnético C localizado en la porción suroriental de la carta con intensidades que varían de –320 a +80 nT. Se correlaciona en superficie con las rocas volcanosedimentarias metamorfizadas del Cretácico Inferior (subterreno Huetamo-Arcelia) y con las rocas intrusivas graníticas sin contraste magnético de los distritos mineros de Tizapa y Temascaltepec.

En la porción nororiente de la carta, el dominio magnético C con intensidad magnética que varía de –240 a –80 nT. Se atribuye a la secuencia metasedimentaria del Cretácico Inferior (subterreno Teloloapan) y a las rocas volcánicas félsicas terciarias.

## Lineamientos Magnéticos

Se interpretan 4 sistemas de lineamientos magnéticos principales con rumbos NW-SE, NE-SW, E-W y NNW-SSE, los cuales se atribuyen a fallas de origen profundo que no siempre tienen manifestación superficial (Figura 2).

Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE se localizan en las porciones centro-sur y surponiente de la carta, con extensiones que varían de 10 a 40 Km; formando franjas de 10 a 20 Km de ancho en las porciones surponiente y centro-sur; donde controlan el emplazamiento de intrusivos que afloran en San Isidro (dominio $A_1$) y Nocupétaro.

Los lineamientos con rumbo NE-SW, se localizan en las porciones centro, surponiente, nororiente y suroriente de la carta, su extensión varía de 10 a 30 Km, formando franjas de 10 a 20 Km de ancho en la porción central de la carta, distribuyéndose

en dirección NE-SW a través de la carta, siendo interceptados y desplazados por lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE.

Los lineamientos magnéticos con rumbo E-W están ampliamente distribuidos en la porción norte de la carta, tienen extensiones que varían de 40 a 100 Km y forman franjas de 10 a 20 Km de ancho, interrumpen a los lineamientos magnéticos NW-SE y NE-SW y delimitan pilares y fosas producto de la tectónica extensiva del Sistema Neovolcánico Transmexicano. Se define magnéticamente la continuidad de las Fallas Morelia, Los Azufres y Tlalpujahua.

Se interpreta que el graben estudiado en la porción nororiental de la carta (en la planta Geotérmica los Azufres), se extiende hacia el oriente y poniente en una longitud total del orden de 200 Km, por lo que se propone como la prolongación hacia el oriente del Graben de Chápala.

Los lineamientos con rumbo NNW-SSE se localizan en las porciones centro y oriente de la carta, tienen extensiones que varían de 20 a 50 Km, en la porción centro-sur forma una franja de 15 Km de ancho y junto con el dominio magnético C atribuible a rocas sedimentarias cretácicas y metasedimentarias Jurásicas, limitan el afloramiento del Anticlinal de Tzitzio.

En la porción oriental de la carta el lineamiento magnético NNW-SSE tiene una extensión de 50 Km y define el límite entre dos dominios magnéticos, uno de bajo gradiente localizado al oriente y que corresponde al subterreno Teloloapan y el otro de alto gradiente magnético representado por las rocas volcánicas máficas del Sistema Neovolcánico Transmexicano.

## 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 0.05 ciclos/Km.

En este mapa se han reducido 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 las 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

Se interpretaron 3 zonas prospectivas con posibilidades para mineralización polimetálica y preciosa, asociadas a los dominios magnéticos $A_1$ (Figura 5).

La primera zona se localiza en la porción suroriental de la carta, se asocia al dominio magnético $A_1$ que se interpretó como la extensión

en el subsuelo de un intrusivo de composición granítica-granodiorítica.

Se considera de interés la exploración hacia el norte y oriente del dominio $A_1$, ya que se ubica dentro del Subterreno Huetamo-Arcelia. Además de que existe mineralización de cobre, plomo y zinc en el distrito de Tiámaro localizado a 10 Km al norte de la zona prospectiva.

La segunda zona prospectiva se ubica en la porción norte-central, se asocia a un dominio magnético $A_1$ que se interpretó como la extensión en el subsuelo de un tronco intrusivo que aflora parcialmente en el extremo norte de la carta, se recomienda explorar hacia el norte y oriente del dominio $A_1$, ya que existe mineralización de oro y plata en la mina El Tigre localizada hacia el norte, dentro de la carta Querétaro.

La tercera zona prospectiva se localiza en la porción surponiente, se asocia a un dominio magnético $A_1$, el cual se correlaciona parcialmente en superficie con un intrusivo de composición granítico-granodiorítica que afecta a las rocas andesíticas terciarias de la Provincia de la Sierra Madre Occidental, es un área de interés para exploración por mineralización de cobre relacionada a la región minera de La Huacana y San Isidro.

## 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 deriva vertical del CMT reducido al polo

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre D., J. G., 1997. The Amealco, Querétaro and Huichapan, Hidalgo, Caldera and Associated ignimbrites, Central Transmexican Volcanic Belt. P. 97-06: II Convención sobre la evolución geológica de México y Recursos Asociados.

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

Campa, U. M. F. and Coney, P. J., 1983, Tectono-stratigraphic terrenes and mineral resource distributions in Mexico. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 26, p. 1040-1051.

Consejo de Recursos Minerales, 1995, Monografía Geológico-Minera del Estado de Michoacán, Publicación M-15e, SEMIP, 176 p.

Consejo de Recursos Minerales – Universidad Autónoma de Guerrero, 1996. Cartografía Geológico – Minero, escala 1:50,000, Hoja Acuyo, estado de Michoacán E14-A53.

Consejo de Recursos Minerales 1996, Monografía Geológico-Minera del Estado de México, Publicación M-18e, SEMIP, 148 p.

Cserna De Z., 1983. Hoja Tejupilco 14Q-g (9), con resumen de la geología de la hoja Tejupilco, estado de Guerrero, México y Michoacán, texto explicativo 28 p.

Damon, P.F., Sharigullah, M., and Clark, K.F., 1981. Age trend of igneous activity in relation to metallogenesis in the southern Cordillera, in Dickinson, W.R., and Payne, WD, CDs, relations of tectonics to ore deposits in the southern Cordillera, V. 14: Arizona Geological Society Digest, p. 137-154.

Fries C. Jr., 1960. Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. 4 figuras, 1 tabla, 24 Láminas Instituto de Geología UNAM.

Guerrero, M. R., J. & Talavera, O., 1990. Estudio estratigráfico del arco volcánioco Cretácico Inferior de Teloloapan, Guerrero X Conv. Soc. Geol. Mex., Abstracts. 67.

IAGA, Division V. Working 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), 1978, Carta Topográfica Morelia (E14-1), escala 1:250 000 1ª impresión.

Montiel E. J., Librado F.J., Salazar R.J., Bustamante G. J., y Sánchez G.E., 1998. Carta geológico - minera Morelia E14-1. Publicación del Consejo de Recursos Minerales.

Pantoja A., 1959. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, estado de Michoacán: Consejo de Recursos Naturales No Renovables, Boletín 50, 36 p.

Pasquaré, G., Ferrari, L., Garduño, V.H. y colaboradores, 1990. Geologic Map of the Central Sector of The Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacán, México: Geological Society of America.

Salinas, P. J. C., 1994. Estudio Estructural del Sur-Oeste Mexicano (Guerrero). Análisis Microestrutural de las Deformaciones Dúctiles del Terciario Inferior. Tésis de Doctorado Universidad de Orleans. Francia.

Talavera, O., Ramirez, J., Guerrero, M., Salinas, J.C., & Campa, M.F., 1992. Petrology and geochemical affinities of the upper Jurassic-lower Cretaceous island arc sequences of central-southern Mexico. 14º R.S.T. Toulouse Fra., Abstracts. 147.

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

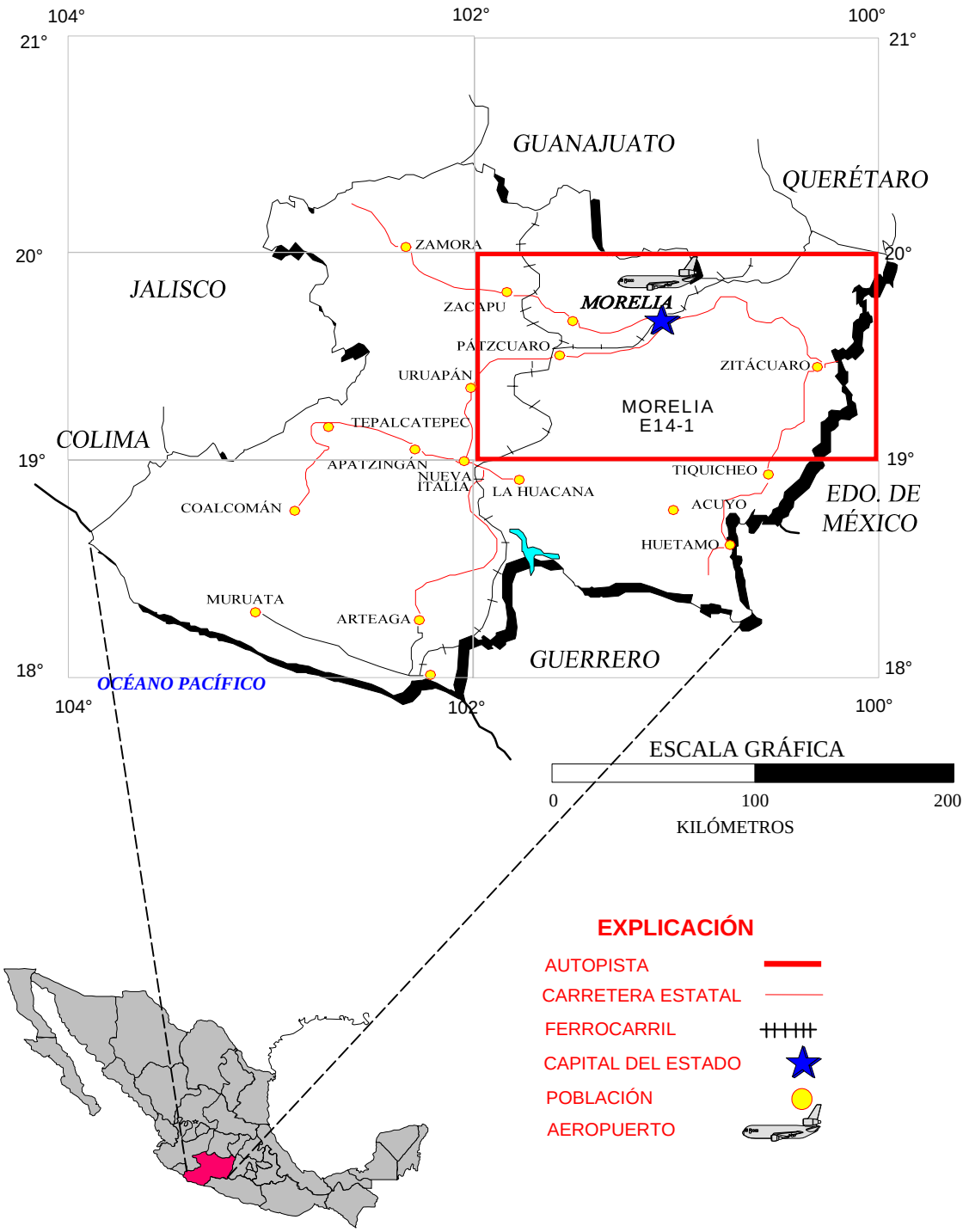



**FIGURA 1 .- MAPA DE LOCALIZACIÓN**

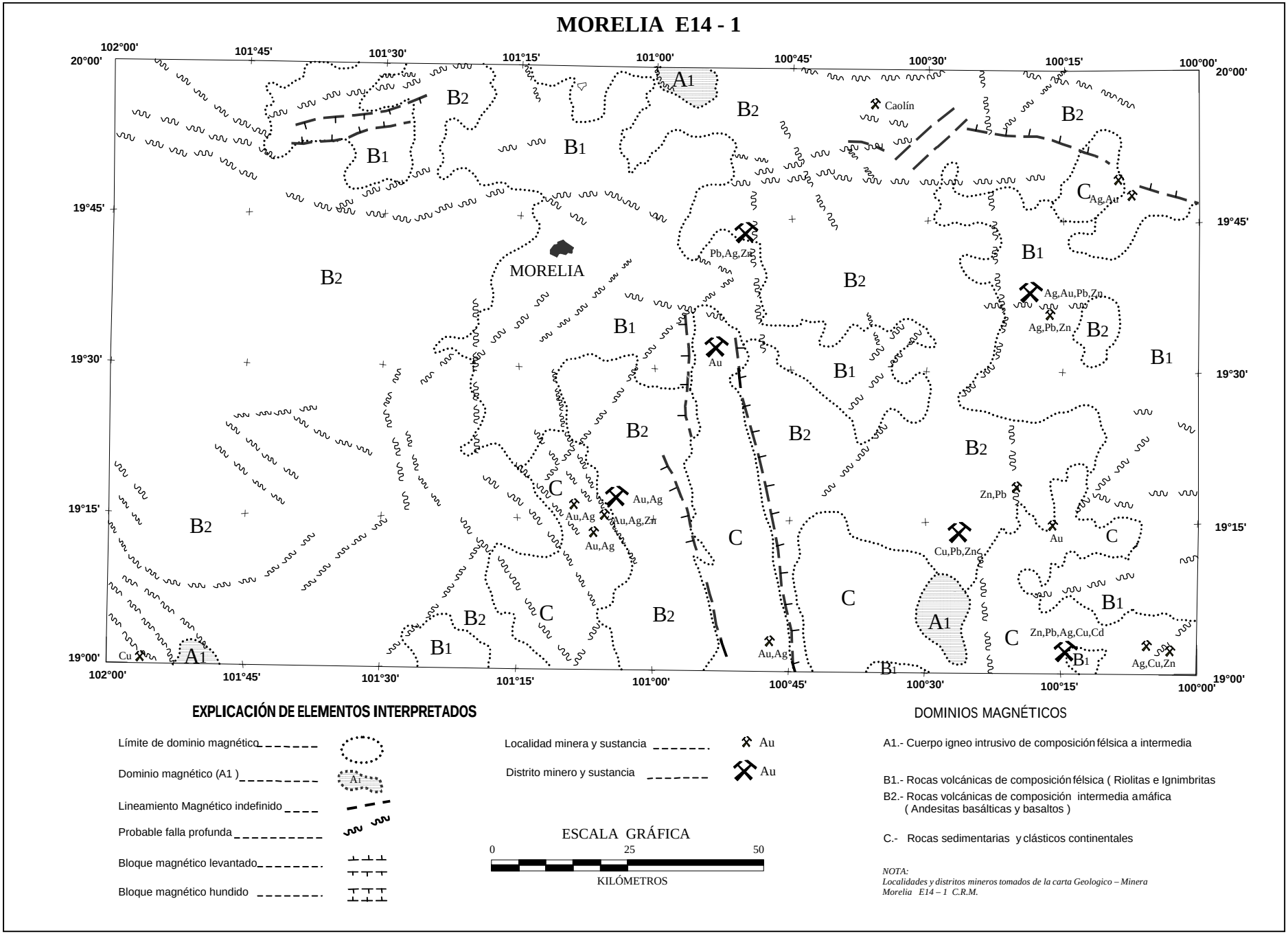
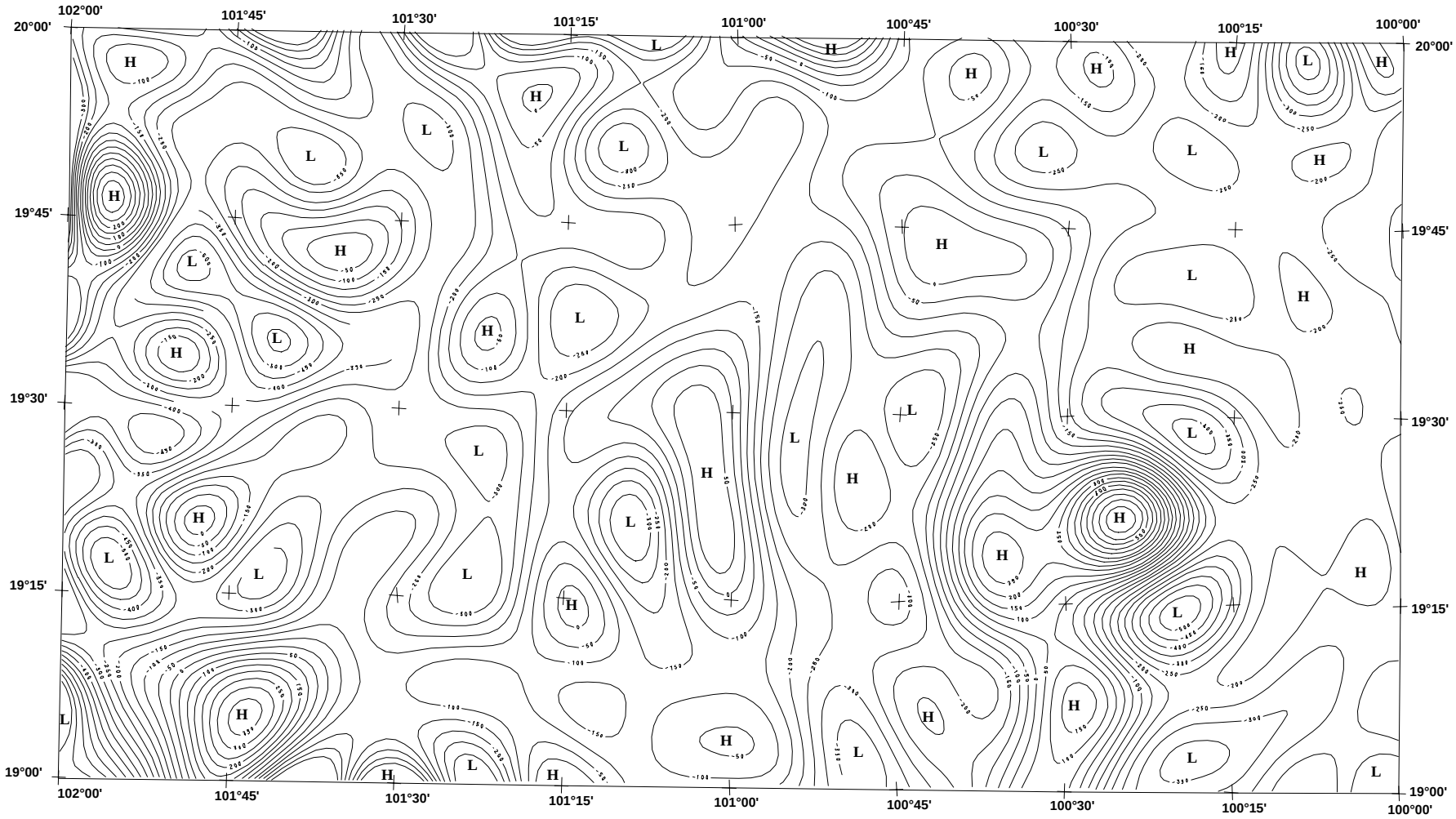



FIGURA 2.- INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

# MORELIA E14 - 1




Curvas de contorno cada 50 nT.
Frecuencia de corte 0.05 ciclos / Km

Alto Magnético (H)

Bajo Magnético (L)

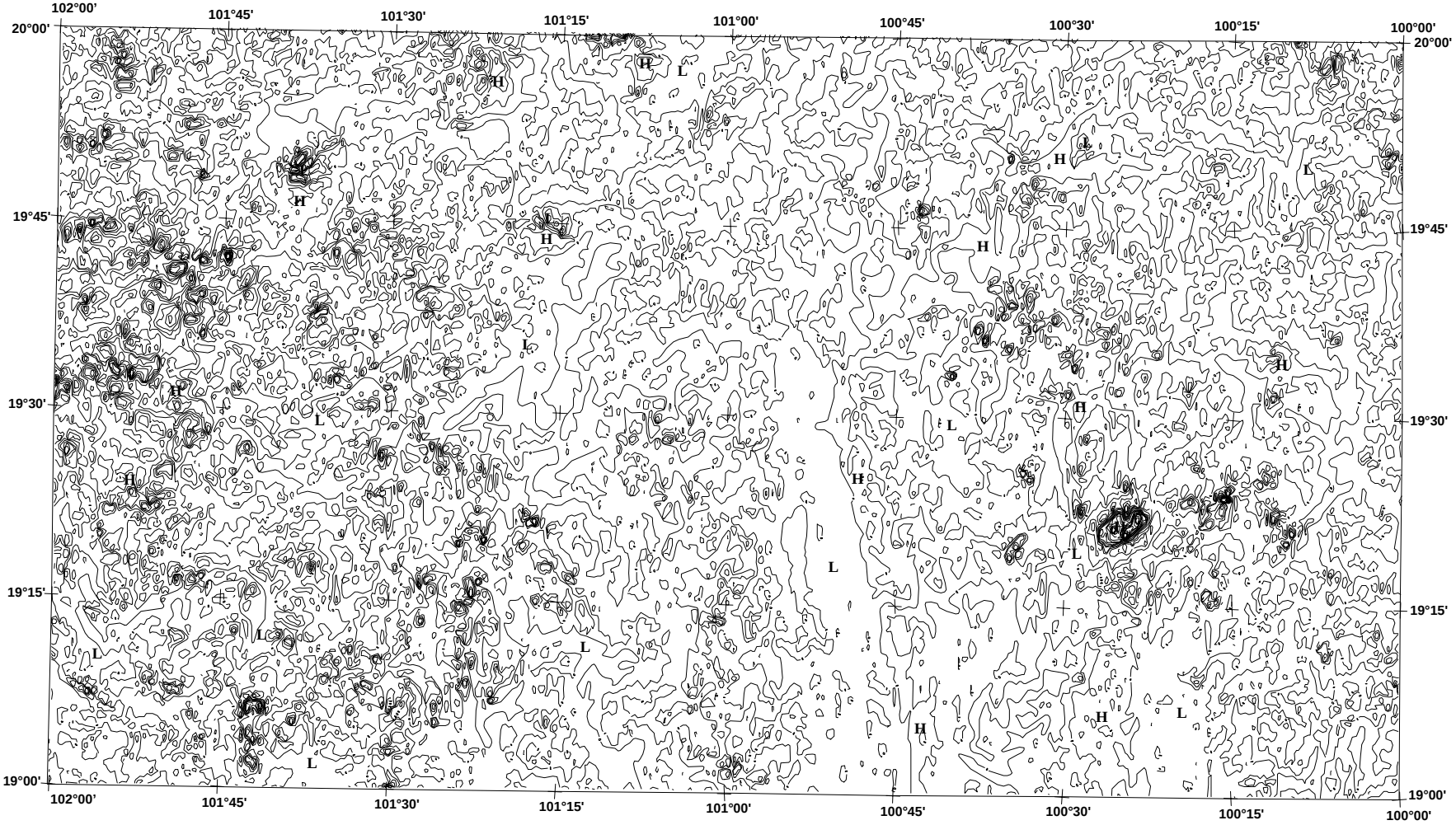
ESCALA GRÁFICA

0 25 50

KILÓMETROS

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

# MORELIA E14 - 1




Curvas de contorno cada 300 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 )

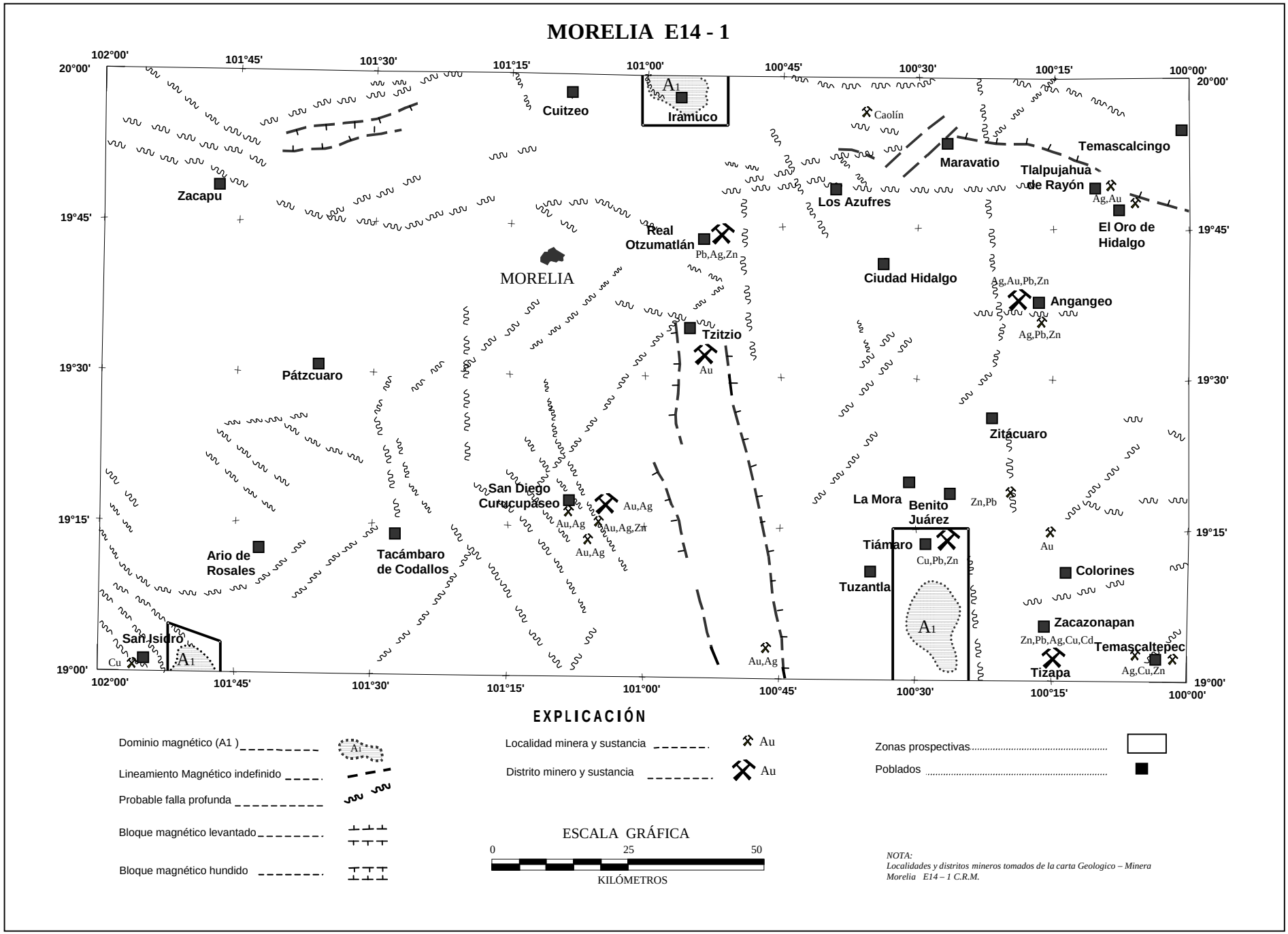



FIGURA 5.- ZONAS PROSPECTIVAS A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL