CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

TEXTO GUÍA

CARTA MAGNÉTICA "COLIMA" E13-3

ESCALA 1:250,000

POR: Ing. Raucel Pascacio Toledo

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- *Editado por el Consejo de Recursos Minerales Primera Edición 2001.* *© Derechos Reservados*

INDICE

RESUMEN

Página

INTRODUCCIÓN..... 1

I.- INFORMACIÓN AEROMAGNÉTICA..... 1

I.1.-Fuentes de información..... 1

I.2.-Parámetros y equipo utilizado en el levantamiento..... 1

I.3.-Procesamiento de datos 2

I.3.1.-Integración de la información magnética 2

I.3.2.-Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético..... 2

I.3.3.-Generación del mapa 2

I.3.4.-Graficación..... 2

I.4.- Características de la carta magnética..... 3

II.-SÍNTESIS GEOLÓGICA..... 3

III.-DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL..... 6

III.1.-Dominios magnéticos..... 7

III.1.2.-Dominio magnético A_2 7

III.1.3.-Dominio magnético B_1 7

III.1.4.-Dominio magnético B_2 8

III.1.5.-Dominio magnético C 8

III.2.-Lineamientos y curvolineamientos magnéticos 11

III.3.-Procesos analíticos realizados..... 11

III.3.1.-mapa de estructuras profundas 12

III.3.2.-mapa de estructuras superficiales 12

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 12

LISTA DE FIGURAS Y TABLA

Página

Figura 1.- Mapa de localización ..... entre 1 y 2

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

Figura 3.- Mapa de estructuras profundas
Filtro pasabajas del CMT ..... **a final de texto**

Figura 4.- Mapa de rasgos superficiales
Segunda derivada vertical del CMT .....**a final de texto**

Tabla No 1. Dominios magnéticos A_2 9

RESUMEN

El Consejo de Recursos Minerales, realiza el programa de infraestructura geológico-minera del territorio nacional, dentro del cual se llevó a cabo el cubrimiento aeromagnético sistemático, 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 Colima E13-3 a escala 1:250,000 con formato cartográfico del INEGI, se localiza en la porción occidental del estado de Jalisco y parte de los estados de Colima y Michoacán, cubre una superficie de 23,040 Km^2.

El levantamiento aeromagnético de contorno, fue realizado por el Consejo de Recursos Minerales (CRM) en los años 1963, 1983 y 1999. La altura promedio de vuelo sobre la superficie del terreno fue de 300 m con líneas de exploración de rumbo NE-SW y N-S y separación entre líneas de 1000 m. Los datos del levantamiento se presentan en la carta magnética Colima E13-3 publicada por el CRM, como curvas de contorno de isovalores del campo magnético total corregido por IGRF, indicando su intensidad en contrastes de color.

El Consejo de Recursos Minerales en convenio con la Universidad Autónoma de Guadalajara, publicó la carta Geológico-Minera y Geoquímica Colima E13-3, elaborada por Rosas y otros, en (1999). En ella se establece que las rocas más antiguas están representadas por la Cuarcita Tamazula y la Brecha Jalisco del Jurásico Superior y Cretácico Inferior, infrayacen a la secuencia volcanosedimentaria cubierta por calizas, siendo la unidad más antigua la Formación Alberca que sobreyace a la Brecha Jalisco. Intercalada en la secuencia volcanosedimentaria está la secuencia piroclástica de la Formación Tecalitlán de un arco volcánico del Cretácico Inferior. La secuencia volcanosedimentaria incluye las formaciones Tepalcatepec, Encinos y Vallecitos; contemporaneamente se formó la Formación Madrid en aguas profundas en la Cuenca Colima-Guerrero, siendo la Formación Morelos la más joven. La sucesión piroclástica a final del Cretácico de riolita con horizontes de andesita y la Formación Cerro La Vieja secuencia detritica cubre la porción NW de la carta. Durante el Mioceno se formó la SMO, producto de un arco volcánico, otro evento más reciente dio origen a Faja Volcánica Transmexicana. Las rocas ígneas conocidas son: plutón de Puerto Vallarta del Cretácico Superior y batolito de Jilotlán de composición granítico-granodiorítica del Bloque Michoacán. Desde el punto estructural se tienen estrcturas plegadas que dieron origen a los anticlinales de Manantlán, Jala y El Naranjo al surponiente de la carta, el graben de Colima, graben de Sayula y el semigraben de Cotija.

La región es favorable para mineralización tipos volcanogénico, hidrotermal, pórfido cuprífero y de skarn. Siendo la mina de fierro Los Encinos la más importante con 17,000,000 toneladas y La Codicida con mineralización de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.

En la interpretación cualitativa de carácter regional de la presente carta, se definieron 4 grupos de dominios magnéticos indicados con las letras A_2, B_1, B_2 y C que indican la distribución de las unidades litomagnéticas aflorantes y/o sepultadas; así mismo se definieron 4 sistemas de lineamientos magnéticos, que reflejan las principales fallas de origen profundo, que sirvieron de conducto a las rocas volcánicas y cuerpos intrusivos. Las zonas de interés geológico-minero con posibilidades de contener mineralización polimetálica y preciosa, deben estar asociadas a cuerpos intrusivos, rocas receptoras y controles estructurales.

INTRODUCCIÓN

La dificultad cada vez mayor para la localización de 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 de todo el territorio nacional.

La carta magnética Colima E13-3, a 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.

La información magnética contenida en la carta, Colima E13-3, escala 1: 250, 000 comprende una superficie de 23 040 Km^2 y se ubica en la porción occidental del estado de Jalisco, abarcando parte de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán (Figura 1).

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 del basamento (ígneo metamórfico) intrusivas, volcánicas y sedimentarias, así como contactos litológicos ocultos y zonas de fallas profundas.

I.- INFORMACIÓN AEROMAGNÉTICA

I.1.- Fuentes de información

Para la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en los años de 1963, 1983 y 1999. La información aerogeofísica obtenida antes del año de 1999, se compiló mediante proceso analógico para generar mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50, 000. La información obtenida durante el año de 1999, se procesó directamente de la grabación digital del equipo aerogeofísico.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de la carta topográfica del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1991).

I.2.- Parámetros y equipo utilizado en el levantamiento

El levantamiento aeromagnético realizado por el Consejo de Recursos Minerales durante los años de 1963 y 1983, se efectuó siguiendo vuelos de contorno con altura promedio sobre el terreno de 300 m, con rumbo de líneas NE-SW y separación de 1000 m. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo, mediante el sistema de navegación visual. En el año de 1999 se realizó un vuelo complementario para cubrir las áreas faltantes de la carta Colima, con líneas de rumbo N-S, separación de 1000 m y altura de vuelo de 300 m.

En el año de 1963 el vuelo se realizó con un avión Twin Pioneer, Scottish aviation, utilizando un magnetómetro Gulf Mark III con sensibilidad de menor a 1nT, para el posicionamiento de las líneas de vuelo se utilizó la cámara fotográfica Aeropath As-5, 35 mm y la altura fue controlada mediante el radar altímetro RT/APN-1.

Para el año de 1983 el vuelo se realizó con un avión Islander modelo BN2-B27 utilizando un magnetómetro Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nT (nanoteslas). El posicionamiento de las líneas de vuelo se utilizó la cámara fotográfica Automax G-2 (35mm) y la altura fue controlada mediante el radar altímetro Collins ALT-50.

En 1999 se utilizó el mismo avión utilizando un sensor magnético de vapor de cesio de marca

Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT con sensor fijo. 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 y como estación base el magnetómetro portátil Gem System GSM-19, efecto Overhauser con sensibilidad de 0.01 nT.

Participó en el levantamiento aeromagnético, así como en el procesamiento de la presente carta magnética, el siguiente personal de campo:

- Ing. Matias Roberto Zapata González.
- Ing. Victor Flores Aguilar
- Cap. Jorge Peña Guerrero.
- Cap. Oscar Ladrón de Guevara.
- Operador Adrián Garnica Pérez.
- Operador Salvador Vázquez Mandujano.
- Operador Pas. David Berrocal H.
- Mec. Luis Rosales.
- Mec. Marcos Durán.
- Procesador Pas. Luis Monroy.

I.3.- Procesamiento de datos

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

I.3.1.- Integración de la información magnética.

La información digital se integró y procesó en campo 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, corrección por movimiento del avión (compensación magnética) y micronivelación.

El equipo de cómputo empleado fue una PC marca Dell con procesador Pentium II, disco duro de 6 Gb, 128 Mb de memoria Ram y velocidad de 400 Mhz.

I.3.2.- Obtención de datos corregidos por el campo geomagnético.

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

La corrección se realizó utilizando los valores de IGRF 1995 (Campo Geomagnético de Referencia Internacional) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

En el caso de la carta Colima E13-3, 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 la altura de vuelo.

I.3.3.- Generación del mapa.

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1: 250, 000 los datos de la carta magnética Colima E13-3 se integraron en un archivo de coordenadas X,Y,Z, empleándose el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974).

La generación de curvas de contorno se realizó con el software Arc/Info empleando un regrid de 50 x 50 m al tamaño de celda en la rejilla. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Ultrasparc II.

I.3.4.- Graficación.

El desplegado gráfico se realizó en un graficador de inyección de tinta a color marca Hewlett Packard 755CM. Este mapa preliminar se utilizó para la interpretación y revisión de los valores magnetométricos, resultantes de la última etapa de procesamiento para la edición e impresión final.

I.4.- Características de la carta magnética

La edición cartográfica se efectuó con el software Arc-Info. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 15 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 contorno se graficaron a cada 5 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).

En el presente texto se incluyen mapas tamaño carta y en presentación de imagen en relieve del campo magnético para realzar los elementos que se describen.

II.- SINTESIS GEOLÓGICA

La síntesis geológica que se presenta a continuación se tomó del resumen del texto explicativo de la carta Geológico-Minera y Geoquímica Colima E13-3, elaborada por los ingenieros: Rosas, E.J., Herrera, H.D., Pérez, P.G., Valladolid, C.R., (de la Universidad Autónoma de Guadalajara); Vázquez, T.R., Romo, R.J.,(del C.R.M.);. Publicada por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1999b, por lo que si es necesario obtener mayor detalle de la información expuesta, se recomienda consultar directamente dicho texto en donde se ha desarrollado ampliamente la geología regional de la carta.

El sur occidente de México está conformado por una serie de bloques corticales limitados por estructuras geológicas mayores (Mosser, 1972 en Rosas y otros, 1999b). La carta Colima está ubicada en la frontera de los bloques Jalisco, Michoacán y Norteamérica, todos ellos cubiertos parcialmente por la Faja Volcánica Mexicana. En el extremo occidental el semigraben de Colima, separa el bloque Jalisco del bloque Michoacán; en tanto hacía el norte el semigraben de Chapala limita al bloque de Norteamérica del de Michoacán, finalmente hacía el NE, el sistema Chapala- Oaxaca representa el límite del bloque Michoacán (Harrison y Johnson, 1992 en Rosas y otros, 1999b).

Las rocas más antiguas corresponden a la Cuarcita Tamazula (JsC), que consta de cuarcita micácea con cuarzo anhedral formando bandas paralelas, alternando con franjas de muscovita-biotita, su edad tentativa de acuerdo a relaciones estratigráficas se le asignó al Jurásico Superior. Del Jurásico Superior al Cretácico Inferior se tiene la Brecha Jalisco (JsKiBvA-Cgp), cuyo significado geológico aún continua siendo un enigma.

La cubierta sedimentaria, en general constituida por una secuencia volcano-sedimentaria cubierta por calizas, evidentemente representa una fracción de arco volcánico del Cretácico Inferior. La unidad más antigua de la secuencia volcano-sedimentaria es la Formación Alberca (KbehAr-Lu), que descansa discordantemente sobre la brecha Jalisco, se trata de una unidad de areniscas calcáreas, lutitas negras, tobas de color claro y calizas negras arcillosas dispuestas en estratos delgados. Se reconoció un miembro superior sin macrofauna, constituido por calizas y lutitas negras, tobas color blanco y verde, escasos derrames andesíticos y areniscas de grano fino a medio y de color café oscuro, el miembro inferior constituido por lutitas negras, calizas arcillosas, tobas y areniscas con abundante macrofauna.

Intercalada entre la secuencia volcano-sedimentaria se tiene una secuencia piroclástica (incluye brechas, aglomerados e ignimbritas y eventuales lavas andesíticas) cuya composición varía de andesítica a riolítica denominada Formación Tecalitlán (KbapTA-TR) y que representa la evidencia de un arco volcánico Cretácico Inferior. La secuencia volcano-sedimentaria (KaVs) incluye a las Formaciones Tepalcatepec (Pimentel, 1980 en Rosas y otros,

1999b), Encino y Vallecitos (Pantoja y Estrada, 1983 en Rosas y otros, 1999b), por ello es obvio que su definición varía en función de la localidad tipo de cada formación. Asi, en la región de Tepalcatec la secuencia volcano-sedimentaria está constituida por calizas con rudistas y microfauna bentónica en capas gruesas a masivas, alternando con capas gruesas de tobas andesíticas y brechas volcánicas. En tanto que en El Encino, se trata de una serie de rocas volcanoclásticas marinas que consisten de conglomerados tobas epiclásticas gris verdosas granulométricamente representadas por areniscas, limolitas y lodolitas, con intercalaciones lenticulares de calizas que sobreyacen en discordancia angular a una secuencia de más de 350 m de derrames, toba ignimbrítica, caliza arrecifal y rocas volcanoclásticas de ambiente marino.

Contemporaneamente con la secuencia volcano-sedimentaria se desarrolló una sucesión de mudstone arcillosos gris obscuro y lutitas ligeramente carbonosas gris oscuro a negro, estratificación delgada a mediana, que cambia de facies a yesos denominada Formación Madrid (KaCz-Ar), esta formación estaría representando facies de aguas profundas de la Cuenca Colima-Guerrero. La unidad KaceKz es la más joven de las rocas carbonatadas y representan una estratificación gruesa a masiva y contiene eventuales horizontes de yesos. En ocasiones es una caliza arcillosa de color negro.

Indudablemente el ambiente geodinámico del occidente de México durante el Mesozoico fue muy activo, ello se ve reflejado por la sucesión de rocas piroclásticas que cubre prácticamente la parte centro-norte del bloque Jalisco.

En la carta Colima, esta sucesión (KcTR) se refiere a rocas piroclásticas de composición riolítica, con eventuales horizontes de tobas andesíticas, localizadas en extremo NW de la carta. La Formación Cerro La Vieja (TpaeCgp) es definida como una secuencia detrítica de conglomerados de composición calcárea que ha sido subdividida en cuatro miembros que de la base hacia la cima son: (a) conglomerados calcáreos con matriz limolítica; (b) conglomerados a calcáreos con matriz de lodo calcáreo; (c) limolitas y (d) arenisca y limolitas.

La Sierra Madre Occidental, forma una franja con una tendencia SE y dimensiones aproximadas de 250 km de ancho por 1 200 km de largo. En la carta Colima las unidades ToA, ToTA-TR y TmTR, de las cuales solo la última está fechada po K-Ar en 23.5 Ma, pertenecen a la Sierra Madre Occidental. Las dos primeras unidades muestran un basculamiento que contrasta con la horizontalidad de la toba riolítica del Mioceno (TmTR).

Aparentemente a partir del Mioceno tardio sucedieron eventos importantes en el movimiento de las placas que interactuaban con el continente lo que provocó que el arco volcánico miocénico, representado por la Sierra Madre Occidental, cambiara progresivamente su orientación hasta dar lugar a la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT) dentro de la cual se han distinguido dos unidades basáltico-andesíticas del Terciario (TmAB y TpIB-A); como la mas antigua se reconoce a la unidad TmA-B constituyendo el vulcanismo basal de la FVT en tanto que la composición alcalina de la unidad TpIB-A, reconocida al norte del Complejo Volcánico Colima, representa el inicio del rompimiento continental en esta área. Incluido dentro de la FVT se tiene al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (Tpl-QptA-B) formado por unos 1040 centros volcánicos, en su mayoría conos monogenéticos (Hasenaka y Camichael, 1985 en Rosas y otros, 1999b) que se distribuyen de manera preferencial en la parte oriental de la carta Colima.

Contemporaneamente a este vulcanismo se desarrollaron las andesitas y dacitas que forman el Volcán Cántaro (Tpl-QptA-Da), el más antiguo del Complejo Volcánico Colima, y los flujos piroclásticos de este volcán y del Tancítaro (Tpl-QptPc). Con una migración del vulcanismo hacia el sur del Cántaro, se desarrollaron los volcanes Nevado de Colima y Colima (QhoA-B), así

varios flujos piroclásticos que acompañaron su evolución (QPc). Finalmente, el grupo paricutín (QHOb-A) se desarrolló al norte del volcán Tancítaro en el sector oriental de la carta.

Las rocas plutónicas que se reconocen en la carta Colima, se distribuyen en una migración hacía el SE. El extremo NW de estas rocas intrusivas es el plutón de Puerto Vallarta (KsGr-Gd, 75-100 Ma) que se reconoce como el más antiguo y constituye la mayor parte del bloque Jalisco. El batolito Jilotlán (TpaeGr-Gd, 55-66 Ma) forma la parte oriental del bloque Michoacán y aflora en el centro de la carta donde también se distribuyen una serie de diques (Tpli) de composición andesítica. Hacia el límite suroriental con la carta Morelia, afloran los plutones reconocidos, cuyas edades isotópicas son de 32 y 34 Ma (ToGr-Gd).

Desde el punto de vista estructural se tienen estructuras en el dominio continuo (compresivas), de las que sobresalen algunas estructuras plegadas como son el Anticlinal de Manantlán, El Anticlinal de Jala y el Anticlinal El Naranjo, todos ellos localizados en la porción suroeste de la carta y que motivaron la perforación de varios pozos con propósitos petroleros.

Los sistemas de deformación discontinua (fallas), están relacionados a la parte norte del Graben de Colima y al sistema Chapala-Oaxaca, así como a un intenso fracturamiento que afecta al Batolito de Jilotlán.

La porción norte del Graben de Colima está formada por un sistema , donde la fallaTechaluta con dirección N-NE, tiene 2, 500 m de desplazamiento vertical y 53 km de longitud. Hacia el sur esta falla cambía progresivamente a una dirección N-S donde su prolongación se infiere por el emplazamiento de la cadena de volcanes formada por El Cántaro, Nevado de Colima y Colima. El márgen oriental de la depresión la constituyen otras fallas menores que, progresivamente hacia el norte, se unen con el semi-graben de Citala.

El sistema Chapala-Oaxaca es un lineamiento de dirección aproximada N 50 W y 100 km de longitud que representa una estructura cortical con movimiento lateral izquierdo que separa la porción norte de México de los bloques Guerrero y Michoacán. Al extremo NW de este sistema sobresalen tres segmentos con cualidades distintas.

El semigraben de Cotija y la Falla Huacana representan la deformación quebradiza de esta porción del sistema en tanto que en la parte sur del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), la deformación se ve reflejada por el lineamiento NE de centros volcánicos, asumiendo que éstos son el reflejo de un sistema de diques a profundidad (Rosas-Elguera et al, 1999a en Rosas y otros, 1999b).

El semigraben de Cotija es una depresión de orientación N 50^0 W con una longitud de 32 km. La falla principal es de tipo normal de edad Mioceno Superior-Plioceno con reactivaciones hasta el reciente.

El sistema Chapala –Oaxaca es una frontera que permite distinguir una parte sur del CVMG donde los lineamientos volcánicos, de dirección NE, están mejor definidos que la parte norte del CVMG. Esta frontera también limita una parte donde la concentración de MgO es menor que en su porción sur. Es también a lo largo de esta estructura donde se emplazan dos de los volcanes mas recientes como son el Paricutín y el Jorullo.

En la parte central de la carta se distinguen lineamientos de orientación N-NE que afectan de manera particular al Batolito de Jilotlán y a las unidades litológicas que lo circundan. Esta misma dirección es la que tienen los diques andesíticos del sur de Tecalitlán y norte de Tepalcatepec y que coincide con la dirección de los lineamientos volcánicos del sur del CVMG.

Los yacimientos minerales están relacionados genéticamente con la subducción de la Placa del Pacífico bajo la de Norteamérica, evento que tuvo su máxima intensidad entre el Cretácico Superior y el Terciario Inferior generando un arco magmático, al que se le atribuye el origen de la mineralización (González y Torres, 1988 en Rosas y otros, 1999b).

En el área cubierta por la carta hay gran variedad de yacimientos minerales metálicos, que por su evolución geológica la hace favorable para la localización de yacimientos de tipo vulcanogénico, hidrotermal, metasomáticos de contacto y pórfidos cupríferos. En la región occidental se determinaron dos regiones mineras que se denominaron Cerro Náhuatl-Salaton y Pihuamo.

La región Minera Cerro Náhuatl-Salaton se divide en el Distrito Minero de Cerro Náhuatl-Salaton y el área Mineralizada de Piscila Salaton. El primero consiste de cuerpos metasomáticos de fierro con espesor promedio de 60 m, en una extensión de 400 m para el cuerpo principal y una extensión de 240 m y espesor de 80 m para el depósito del cuerpo al Poniente. El área Mineralizada El Salaton Piscila con cuerpos irregulares de fierro en forma de bolsadas de 100 m de longitud, espesor de 40 m y 50 m de profundidad, con un origen metasomático de contacto.

La región Minera de Pihuamo comprende tres Distritos Mineros (Pihuamo, Tepalcatepec y Ahuijullo) y dos áreas mineralizadas (Jilotlán de Dolores y Santa María del Oro).

El Distrito de Pihuamo con yacimientos ferríferos metasomáticos de contacto, con minas en producción como son: Los Encinos con reservas de 17 000 000 de toneladas de fierro con contenidos de 65%; La mina El Ánima cuyo potencial no está disponible. El Distrito de Tepalcatepec localizado al centro-sur de la carta con yacimientos vulcanosedimentarios, dentro de los cuales las más importantes y actualmente en producción son Mina La Codiciada con valores 1.0 gr / ton de Au, 1957 gr/ ton de Ag, 4 % de Cu y 1.5 de Pb-Zn con mineralización polimetálico de Ag, Pb, Zn y Ba, ambos cuerpos irregulares; también se tienen minas y prospectos con mineralización polimetálica en forma de vetas, stockworks e irregulares.

El Distrito de Ahuijullo que consiste de yacimientos irreguilares de fierro, de origen metasomático, además de vetas hidrotermales con oro, plata, plomo, zinc y barita asociada.

El área mineralizada de Jilotlán de Dolores caracterizada por vetas hidrotermales con mineralización aurífera con valores de 1.8 gr/ ton de Au y 1.33% de Cu (Mina La Inmaculada), y otros prospectos como son El Cobre con 5 gr / ton de Au y 0.6% de Cu. La Sultana con 0.6 gr / ton de Au y 0.3% de Cu y La Leona sin valores de Au pero con 0.14% de Cu. El área mineralizada de Santa María del Oro o Manuel M. Diéguez caracterizada por vetas angostas de poco corrimiento, pero con valores atractivos como en la mina La Fortuna con valores de 14.82 gr / ton de Au y 277 gr/ton de Ag.

El prospecto EL Bimbalete con valores de 450 gr / ton de Ag y la Veta Hukas con 24.7% de Zn.

La región Minera de Apatzingán-Nueva Italia, comprende el área Mineralizada, La Verde que consistente de un stockwork con mineralización cúprifera de tipo pórfido cuprífero donde se han calculado reservas del órden de 19 000, 000 de ton con ley de 1.21% de cobre.

III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL..

La información aeromagnética contenida en la carta, tiene un alcance de carácter 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 con base en el contraste de susceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originado este por la presencia de óxidos y/o sulfuros de fierro dispersos en pequeñas cantidades en la matriz de las rocas.

La interpretación cualitativa de la carta Colima E13-3, es 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 más detalle en áreas específicas de interés seleccionadas en esta carta, resulta necesario llevar a cabo un levantamiento aeromagnético de alta resolución y una interpretación cuantitativa, modelando la profundidad a la cima de los cuerpos magnéticos y la geometría de las unidades más importantes, trabajando 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.

III.1.- Dominios magnéticos.

En la carta magnética de campo total Colima E13-3, se identificaron 4 grupos de dominios magnéticos indicados con las letras A_2, B_1, B_2 y C, diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

III.I.2.- Dominio magnético A_2.

El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y está representado por anomalías magnéticas monopolares y dipolares con alto gradiente y alta intensidad, que varían de 715 a -388 nT. Distribuido en las porciones sur y poniente de la carta.

En esta carta se definieron un total de 7 localidades definidas como A_2 (A_{2-1} a A_{2-7}), que se localizan en las porciones sur y poniente de la carta.

En la tabla No. 1, se describe la ubicación , características magnéticas y correlación geológicas de estos dominios.

Concluyendo que las respuesta magnéticas positivas o dipolares (dominios A_2), se atribuyen a dos causas principales: a cuerpos intrusivos magnéticos sepultados sin alteración en un ambiente netamente volcánico alojados en una posible zona de falla con orientación NW-SE, por donde se emplazaron dichos cuerpos (dominios A_{2-1} y A_{2-2}) y los cuerpos intrusivos emplazados en ambiente volcanosedimentario, que debido a alteración dentro de este ambiente, han llegado a perder algunas propiedades magnéticas lo que lo hacen poco magnético y por lo tanto menos intensos.

III.1.3.- Dominio magnético B_1.

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, así como a cuerpos intrusivos aflorantes no magnéticos (que no tienen una respuesta típica de intrusivos, por lo que a dicha respuesta se le englobó dentro de este dominio), se caracterizan por presentar distorsiones en el campo magnético, agrupandose en zonas de baja intensidad magnética que varían de -44 a -289 nT.

El dominio magnético B_1 localizado en la porción centro-sur de la carta, de amplia extensión y de forma irregular, está representado por altos y bajos magnéticos sin rumbo preferencial definido. Su respuesta magnética se atribuye a la suma de efectos por la superposición de la secuencia volcanosedimentaria, rocas volcánicas e intrusivos de composición félsica. Donde éxiste la mayor concentración de mineralización polimetálica potencialmente económica dentro de la carta y la ubicación del área minera de Santa Maria del Oro,

así como los distritos mineros de: Tepalcatepec, Pihuamo, Ahuijullo. Donde éxiste mineralización principalmente ferrífera de contacto, encajonados principalmente en rocas metamórficas y en la secuencia volcanosedimentaria como es el caso de las minas El Encino, El Chilillo y Pihuamo; donde las características de dichos yacimientos son similares en toda la región, lo que implica un origen común (Corona, 1993), también se tiene la mina de caolin (mina Los Nogales) y de barita (mina La Amarilla).

III.1.4.- Dominio Magnético B_2.

El dominio magnético B_2, se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, éste dominio está representado por monopolos y dipolos magnéticos de alta intensidad distribuidos en forma caótica con respuestas que varían entre 518 a -980 nT. Estas anomalías presentan distancias dipolares cortas formando zonas de altos y bajos gradientes.

Estos dominios magnéticos B_2, se localizan principalmente en las pociones oriental, norte y surponiente de la carta, está representado por anomalías de alta y baja intensidad magnética con orientación preferente NW-SE y E-W. Se atribuye principalmemnte a la respuesta magnética de rocas volcánicas del Eje Neovolcánico, en la porción oriental y norte; secuencia volcosedimentaria la cual contiene intercalada una secuencia piroclástica formada de brechas, aglomerados ignimbritas en la porción central y tobas andesiticas, depósitos de andesita, tobas, y rocas volcanoclásticos que se correlacionan con el Complejo Volcánico Inferior de la Sierra Madre Occidental hacía la porción norponiente de la carta.

III.1.5.- Dominio magnético C

El dominio magnético C se caracteriza por una respuesta magnética de suave gradiente y baja intensidad, con valores que van de –115 a –408 nT. Se atribuye a la respuesta magnética de las rocas sedimentarias y metamórficas distribuidas en la porción centro y poniente de la carta.

Los yacimientos de fierro de metasomatismo de contacto en la región de Pihuamo y Piscila-Salaton, se presentan encajonados en rocas sedimentarias, metasedimentarias (dominio magnético C) y asociados a cuerpos intrusivos de composición granodioríticos del Cretácico tardio-Terciario temprano aflorantes o sepultados (Corona,1993).

El dominio magnético C localizado en la porción poniente de la carta, es amplio, extenso y de forma irregular con orientación NW-SE, se atribuye a las rocas sedimentarias cretácicas que en la porción sur-centro se halla cubierta por piroclásticos recientes y por el volcanismo terciario hacía el vértice norponiente. Mientras que los dominios C ubicados al sur de la carta, son de menores dimensiones y orientación NE-SW. Se atribuyen a las respuestas integradas de las rocas sedimentarias, intrusivos félsicos y rocas volcanosedimentarias, con emplazamientos de mineralización polimetálica.

TABLA No. 1

Dominios Magnéticos A_2

Localización	*Descripción*	*Significado Geológico **
A_{2-1} Ubicado en la porción centro-sur de la carta.	Respuesta magnética: dipolar. Forma: irregular con dirección NW-SE . Intensidad dipolar máxima: 509 nT.	Respuesta magnética atribuible a un cuerpo intrusivo sepultado, que se extiende en el subsuelo de posible edad Terciaria, semejante al cuerpo ubicado al poniente dentro de este dominio. Se correlaciona con andesitas, riolitas y parcialmente con un afloramiento de intrusivo de composición granítico-granodiorítica. En su límite poniente éxiste evidencia de mineralización polimetálica del Distrito Minero Tepalcatepec.
A_{2-2} Ubicado en la porción sur de la carta.	Respuesta magnética: dipolar Forma: irregular con dirección NW-SE. Intensidad dipolar máxima: 438 nT.	Respuesta magnética atribuible a cuierpo intrusivo sepultado, de posible composición granítico-granodiorítica, semejante al cuerpo conocido y localizado a 5 km al poniente de este dominio . Se correlaciona con rocas volcánicas de composición andesitica-riolitica, andesitas basálticas y sedimentos. Sin evidencias de mineralización.
A_{2-3} Ubicado en la porción surponiente de la carta.	Respuesta magnética: dipolar. Forma: irregular con dirección NW-SE. Intensidad dipolar máxima: 241 nT.	Respuesta magnética atribuible a un cuerpo intrusivo sepultado de posible composición granítico-granodiorítica del Cretácico Superior, semejante al afloramiento ubicado al poniente de este dominio. Se correlaciona con la secuencia volcanosedimentaria de la Formación Madrid, calizas de la formación Morelos y piroclásticos recientes en las partes bajas. Donde existen yacimientos ferríferos de contacto en las minas de Piscila y Salatón, ubicados al norte 5 y 3 km respectivamente de este dominio.
A_{2-4} Ubicado en la porción surponiente de la carta y en límite poniente del Graben de Colima.	Respuesta magnética: dipolar. Forma: irregular con dirección N-S. Intensidad dipolar máxima: 578 nT.	Respuesta magnética atribuible a un cuerpo intrusivo, emplazado a profundidad, de probable composición granítico- granodiorítica y edad Cretácico Superior, semejante a los afloramientos situados fuera y al norte de este dominio. Se correlaciona con rocas volcánicas de composición andesítica-riolítica y piroclásticos recientes en los valles. No se observó evidencia de mineralización metálica.

TABLA No. 1 continuación

Localización	*Descripción*	*Significado Geológico **
A_{2-5} Ubicado en la porción norponiente de la carta.	Respuesta magnética: dipolar. Forma:elíptica, con dirección NW-SE. Intensidad dipolar máxima: 862 nT.	Respuesta magnética atribuible a un cuerpo intrusivo emplazado a profundidad, de probable composición granítico-granodiorítica del Cretácico Superior, semejante a los afloramientos situados a 50 km al sur de este dominio. Se correlaciona con rocas volcánicas de composición riolítica cretácica y toba andesítica-riolítica de la Sierra Madre Occidental. No se observó evidencia de mineralización metálica.
A_{2-6} Ubicado en la porción norponiente de la carta.	Respuesta magnética: dipolar Forma: irregular, con rumbo NW-SE. Intensidad dipolar máxima: 779 nT.	Respuesta magnética atribuible a pequeños cuerpos intrusivos sepultados, en forma de troncos de posible composición granítica-granodiorítica. Se correlaciona con rocas volcánicas de composición riolítica del Cretácico de la Sierra Madre Occidental, donde éxisten evidencias de mineral de fierro de forma irregular (Piedra Bola), vetas de Au (El Roberto) y vetas Ag y Au (El Diamante y y El Cuatro).
A_{2-7} Ubicado en la porción centro-poniente de la carta.	Respuesta magnética: dipolar. Forma: semicircular, con rumbo NW-SE. Intensidad dipolar máxima: 525 nT.	Respuesta magnética atribuible a un pequeño cuerpo intrusivo sepultado, en forma de tronco de probable composición granítico- granodiorítica, semejante al que aflora al sur de éste. Se correlaciona con rocas sedimentarias (calizas, areniscas). No se observa evidencias de mineralización metálica.

- Con base en la geología de la Carta Geológico-Minera a la misma escala, publicada por el CRM.

III.2.- Lineamientos y curvolineamientos magnéticos

Se interpretaron 4 sistemas de lineamientos magnéticos principales con rumbos NW-SE, NE-SW, N-S y E-W que se interpretan como las respuestas de zonas de debilidades o fallas de origen tectónico, que en algunas ocasiones no tienen manifestación superficial.

Los lineamientos magnéticos con rumbo NW-SE, son los que mayormente se exhiben en toda la carta, son posiblememte los más antiguos ya que su extensión se manifiesta al norte sobre la Sierra Madre Occidental y en el semigraben de Cotija, su base corresponde rocas máficas y félsicas pertenecientes a esta provincia (Delgado y otros, 1997).

Esta tendencia lo confirma la existencia de los lineamientos NW-SE debido a las estructuras de anticlinales y sinclinales, ubicados al poniente de la carta, producto de un episodio compresivo NW-SE durante el mioceno (Quintero y otros, 1997).

Otro lineamiento de importancia con rumbo NW-SE es el ubicado en la región oriental de la carta, que se correlaciona con el lineamiento denominado Chapala-Oaxaca, que se ha considerado como el límite de los bloques Michoacán-Guerrero, y su proyección en superficie pasa por el semigraben de Cotija con una extensión mayor a los 40 km, pasando por los volcanes de Táncitaro y Paricutín, ubicados al centro-oriente de la carta (Delgado y otros, 1997).

Otro lineamiento con este mismo rumbo NW-SE se ubica en la porción sur de la carta, con una extensión de 35 km de largo y 25 km de ancho,lineamiento que pudiera estar relacionado a una falla de origen cortical (Falla Tepalcatepec), que parece marcar el límite de la zona ferrífera hacía el oriente de la carta, por donde probablemente se emplazaron los cuerpos intrusivos interpretados (dominios A_{2-1} y A_{2-2}), (Hernández y otros, 1994).

Los lineamientos magnéticos con rumbo NE-SW son de escasa distribución y solo se observan en la porción sur-centro y oriente de la carta, esta deformación se ve reflejada por el lineamiento con este rumbo de centros volcánicos, asumiendo que es el reflejo de un sistema de diques a profundidad (Rosas y otros, 1999b).

Los lineamientos magnéticos con rumbo E-W, se localizan principalmente hacía la porción centro oriente de la carta, es el sistema principal de la Faja Volcánica Transmexicana, siendo de tipo normal y dirección E-W. Donde se emplazaron numerosos volcanes monogénicos en esa dirección, estos lineamientos son el resultado de eventos tectónicos sobre el volcanismo del Eje Neovolcanico, donde se desarrolllaron estructuras distensivas orientadas E-W, como el rift de Chapala ubicado en la porción norte y fuera de la carta (Quintero y otros, 1997 y Alanis y otros, 1997).

Los lineamientos magnéticos N-S, se localizan en las porciones norponiente y surponiente de la carta, se atribuyen a los episodios tectónicos distensivos en dirección E-W, que produjeron las fallas de rumbo N-S, estas estructuras están representadas por el Graben de Sayula y la fosa tectónica de Colima, localizados al norponiente y surponiente de la carta respectivamente, así como el macizo volcánico constituido por los volcanes Nevado de Colima y Volcán de Colima (Quintero y otros, 1997 y Demant, 1982).

Se interpretaron dos curvolineamientos magnéticos que se localizan en la porción centro-poniente de la carta, de forma semicircular, se atribuyen a centros volcánicos, asociados a los dominios magnéticos B_2, y a grandes espesores de rocas volcánicas del Plio-cuaternario (Rosas y otros, 1999b).

III.3.- Procesos analíticos realizados.

Con el propósito de realzar la información contenida en el mapa de Campo Magnético Total (CMT), se

aplicaron los siguientes procesos analíticos a los datos aeromagnéticos:

III.3.1.- Mapa de estructuras Profundas.

Se generó aplicando un filtro pasabajas al Campo magnéticoTotal (CMT), considerando una frecuencia de corte de 0.02 ciclos/ km, equivalente a una longitud de onda de 50.0 km (implica que cuerpos con longitudes de onda menores a 50 km no son visibles en este mapa).

En este mapa se han eliminado las respuestas de alta frecuencia que son producidas por fuentes magnéticas superficiales (cuerpos con longitudes de onda menores a 50 km), lo que permite visualizar la señal correspondiente a las bajas frecuencias, que son tipicamente atribuidas a estructuras y las raices de los cuerpos intrusivos profundos; por lo que es posible identificar levantamientos, depresiones y fallamiento del basamento magnético (Figura 3).

III.3.2.- Mapa de estructuras superficiales.

Se generó aplicando un filtro de primera derivada verticalal al Campo Magnético total (CMT), sin reducción al polo.

En este mapa se resaltan las altas frecuencias que son correlacionables con las fuentes magnéticas someras, con lo que es posible definir los rasgos litoestructurales mas superficiales (Figura 4). Como es el caso de los dominios magnéticos B_2 localizados en las porciones centro oriente y norte de la carta, atribuibles a las zonas cubiertas por grandes espesores de rocas volcánicas máficas y félsica de la Sierra Madre Occidental y Eje Neovolcánico definidos por respuestas de alto gradiente (Rosas y otros, 1999b y Demant, 1978).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alanis, A.S.A., Nieto, S.A.F., y Luca F.1997. Relación entre la reactivación de estructuras y el estilo del volcanismo en la Faja Volcánica Transmexicana. II Conv. Sobre la evolución geológica de México y recursos asociados. Inst. de investigaciones en ciencias de la tierra UAEH.,Pachuca, Hgo.

Briggs, I.C., 1974. Machine contouring using minimum curvature (spline). Geophysics, v.39, No.1, pp.34-42.

Campos, E.J.O., Hernández.Q.E., Nolasco, H., Orozco, T.A., Cañón, A.C., Alvarez, G.G. y Urrutia, F.J., 1994. A preliminary assessment of the IGRF-1990 for Mexico: Physics of the earth and planetary interiors, 82.
Elsevier Science B.V., p. 105-111.

Delgado, G.H., Pacheco, J., Tristán,S.A., y Rivera,C.J.H. 1997. La actividad tectónica del lineamiento Chapala-Oaxaca: evolución geológica del semigraben de Cotija y sismicidad reciente en la región de Tancítaro-Paricutín. II Conv. Sobre la evolución geológica de México y recursos asociados. Inst. de investigaciones en ciencias de la tierra UAEH.,Pachuca, Hgo.

Demant, A.1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus Problemas de Interpretación. UNAM, Inst. de Geología.
Rev. Vol.2 No.2, pp. 172-187.

Demant, A. 1982. Interpretación Geodinámica del Volcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano. Revista del Instituto de Geología, Vol. 5, No. 2. UNAM, pp. 217-222.

Hernández, P.I., Vélez, L.J. y Cuevas, C.A.1994. Carta Magnética, “Hoja Lázaro Cárdenas” E13-6-9, escala 1:250, 000, Consejo de Recursos Minerales. SEMIP.

IAGA, Division V. Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992. International Geomagnetic Reference Field, Revision 1991, Geophysics, vol. 57, No.57, pp. 956-959.

INEGI, 1991. Carta Tográfica Colima E13-3. escala 1:250 000, 2ª impresión.

Quintero, L.O., Barrier, E., Michaud, F.y Bourgois, J. 1997. Episodios tectónicos en las fronteras del Bloque de Jalisco y sus implicaciones regionales. II Conv. Sobre la evolución geológica de México y recursos asociados. Inst. de investigaciones en ciencias de la tierra UAEH.,Pachuca, Hgo.

Rosas, E.J., Herrera, H.D., Pérez, P.G., Valladolid, C.R., Vázquez, T.R., y Romo, R.J. 1999b. Carta Geológico.Minera Colima E13-3, escala 1: 250, 000, estados de Colima, Jalisco y Michoacán. Consejo de Recursos Minerales, S.E.

Urrutia, F.J., y Campos, E.J.O., 1993. Geomagnetic secular. Variation Central Mexico since 1923. AD and comparison with 1945-1990. IGRF model. Journal Geomag. Geoelect. 45, p.1-7

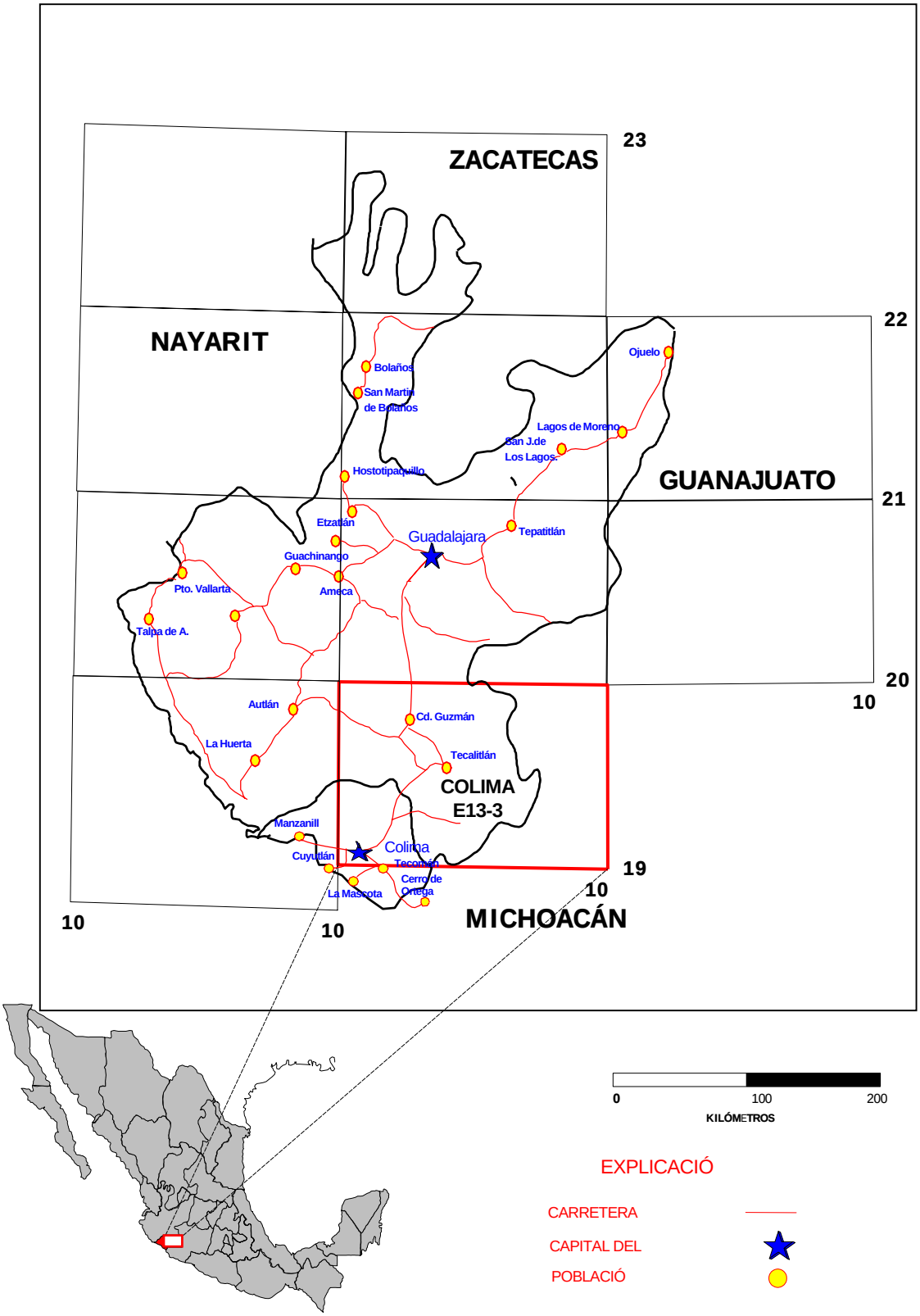
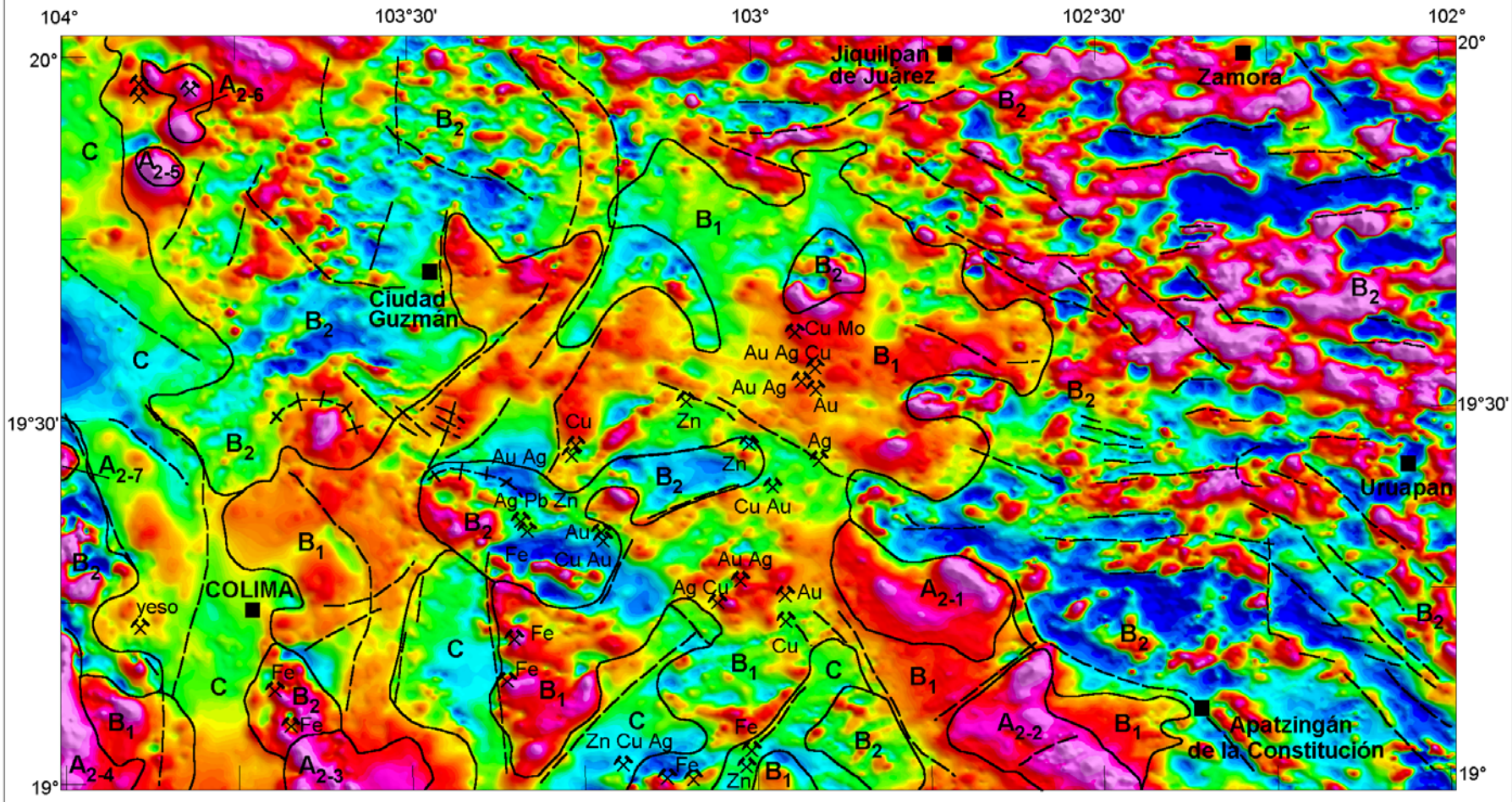


FIGURA 1 .- MAPA DE LOCALIZACIÓN

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES



EXPLICACIÓN DE ELEMENTOS INTERPRETADOS

Límite de dominio magnético

Curvolineamiento magnético

Lineamiento magnético

Distrito minero y sustancia — Au

Localidad minera y sustancia — Au

Poblado

DOMINIOS MAGNÉTICOS

A1.- Cuerpo ígneo intrusivo de composición félsica a intermedia

A2.- Cuerpo ígneo intrusivo de composición intermedia a máfica

B1.- Rocas volcánicas de composición félsica a intermedia

B2.- Rocas volcánicas de composición intermedia a máfica

C.- Rocas sedimentarias

-450 -350 -250 -150 -50 0 100 200

nanoteslas

Iluminación desde el nororiente

0 10 20 30 40

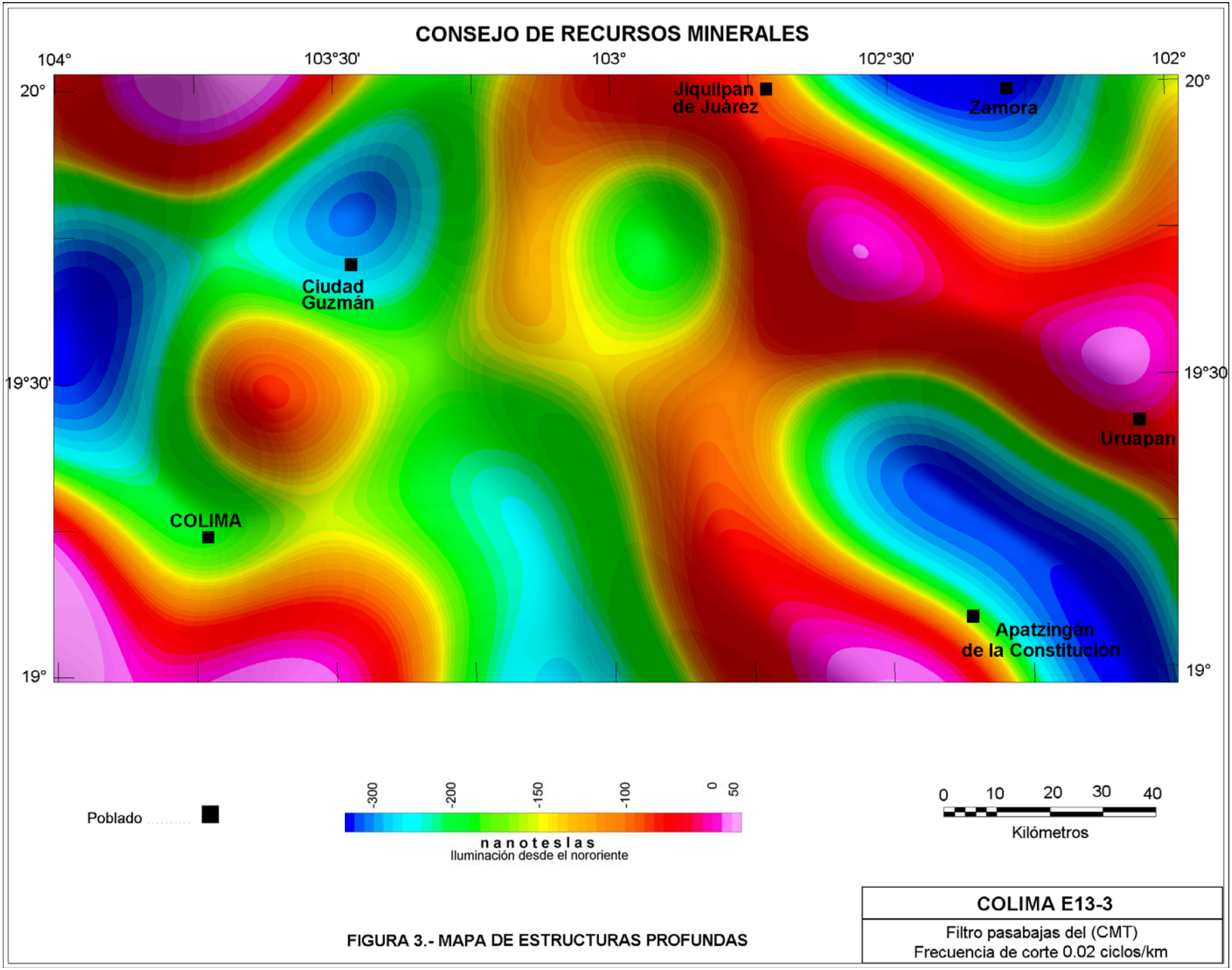
Kilómetros

Nota: Distritos mineros compilados de la carta Geológico - Minera Colima E13-3

FIGURA 2.- INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

COLIMA E13-3

Campo Magnético Total



COLIMA E13-3

Filtro pasabajas del (CMT)
Frecuencia de corte 0.02 ciclos/km

FIGURA 3.- MAPA DE ESTRUCTURAS PROFUNDAS

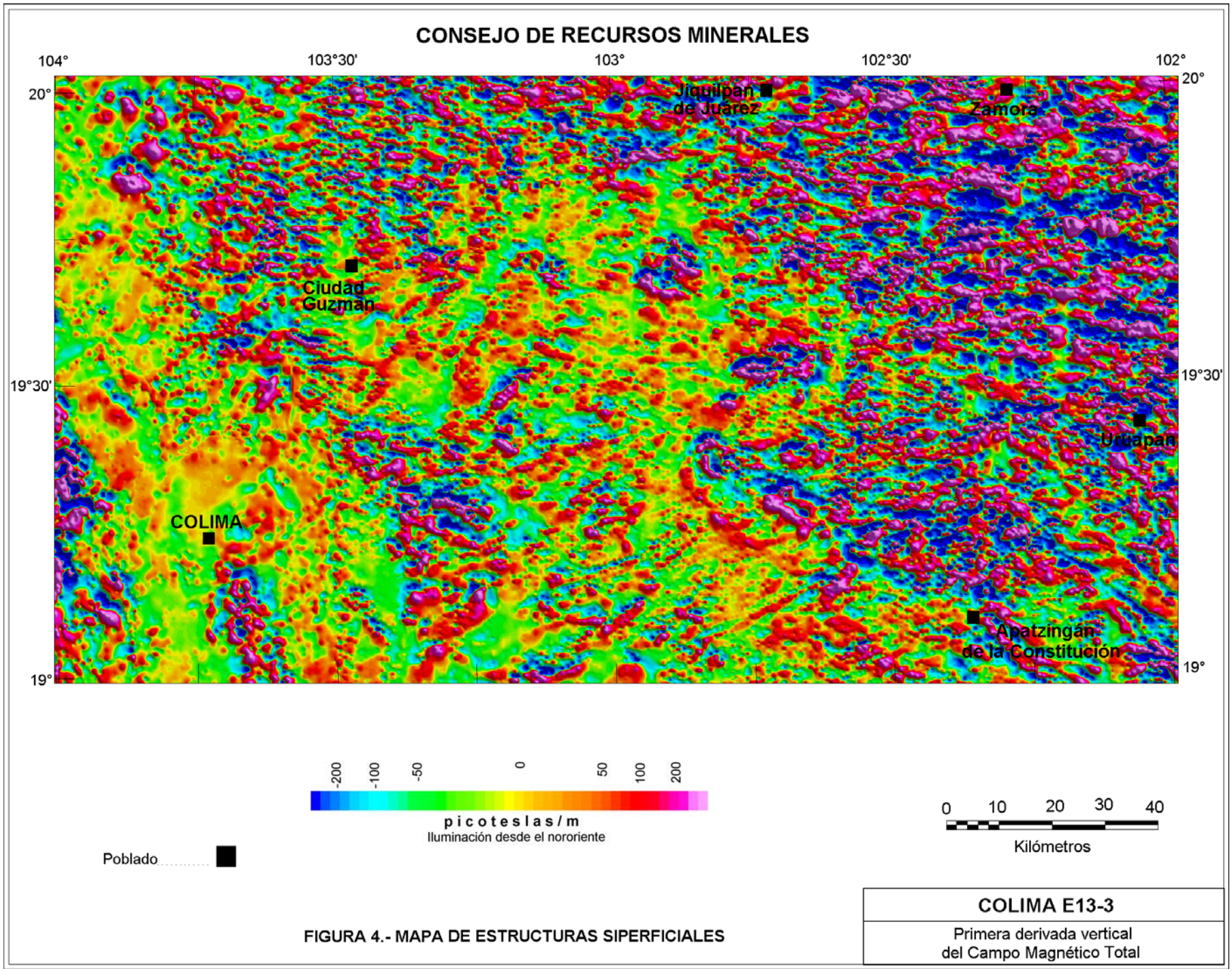


FIGURA 4.- MAPA DE ESTRUCTURAS SIPERFICIALES

COLIMA E13-3

Primera derivada vertical
del Campo Magnético Total