CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA
CARTA MAGNÉTICA
"LOS MOCHIS" G12-9

ESCALA 1:250,000

Ings. Israel Hernández Pérez
Julio Vélez López
Alejandro Cuevas Covarrubias

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- *Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1993.* *© Derechos Reservados.* *Segunda Impresión 2001.*

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN 1

I METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO AEROMAGNÉTICO 1

I.1 Fuentes de información 1

I.2 Parámetros del levantamiento 2

I.3 Procesamiento de datos 2

I.4 Características de la carta 3

II SÍNTESIS GEOLÓGICA 3

III DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL 4

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 6

LISTA DE FIGURAS

Página

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

Figura 2.- Interpretación magnética litoestructural ..... entre 4 y 5

INTRODUCCIÓN

El Consejo de Recursos Minerales está elaborando un inventario geológico-minero del territorio nacional, mediante la elaboración de cartas básicas geológico-mineras por estados, hojas geofísicas aeromagnéticas y el inventario minero por sustancias, con base en la compilación de trabajos que este mismo organismo ha realizado y al desarrollo de los programas actuales de exploración, dicho material se está integrando para hacerlo del dominio público con el propósito de apoyar al desarrollo minero nacional.

En virtud de la dificultad cada vez mayor en la localización de los yacimientos minerales, por encontrarse éstos ocultos, el explorador enfrenta la necesidad de auxiliarse con técnicas indirectas de exploración como son geofísica, geoquímica, imágenes de satélite y otras, que representan valiosas herramientas que deben utilizarse en conjunción para lograr exitosas campañas que conduzcan a encontrar yacimientos minerales susceptibles de ser explotados, así como investigar y evaluar minerales de utilización futura, cuyo potencial es actualmente desconocido en el país.

Con esta finalidad se da a conocer la información aeromagnética que ha venido obteniendo el Consejo de Recursos Minerales, desde el año de 1974, donde la presente carta a escala 1:250 000 con formato cartográfico internacional del INEGI, forma parte de una serie de publicaciones de este tipo, y aportará información básica que permita fundamentar futuras exploraciones.

La carta magnética los Mochis G12-9 contiene información en una superficie de 10,300 km² y corresponde a un mapa de intensidad magnética total, al que se la ha sustraido el IGRF. (International Geomagnetic Reference Field).

La mayoría de la superficie de esta carta, se encuentra cubierta por sedimentos recientes. Esta condición refleja la utilidad de la cartografía magnética regional, ya que con un método geofísico como éste es posible conocer, en forma indirecta la distribución de las rocas que no afloran, así como aspectos estructurales que no tienen expresión superficial.

En una interpretación generalizada de la presente carta se pudieron enmarcar a nivel regional, las expresiones magnéticas más obvias como son: la distribución y configuración de las rocas intrusivas sepultadas, rocas volcánicas ácidas y básicas, zonas de falla y la distribución de unidades sedimentarias no cubiertas por rocas volcánicas.

Un aspecto relevante es que algunos dominios magnéticos A_1, A_2, A_3 interpretados como rocas intrusivas ocultas, tienen asociación con las localidades mineras de las regiones de Ocoroni, Agua Caliente, dicha correlación sugiere otras áreas prospectivas por sus condiciones geofísicas similares.

I METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO AEROMAGNÉTICO

I.1 Fuentes de información

En la elaboración de esta carta, los datos fueron obtenidos de los levantamientos aeromagnéticos realizados en el Consejo de Recursos Minerales en los años 1978, 1979 y 1992, en los estados de Sonora y Sinaloa; dentro del Programa Nacional de Exploración por Fierro y como un método auxiliar en la exploración sistemática por minerales básicos y preciosos.

Esta información se compiló en su tiempo mediante un proceso analógico para obtener planos aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000.

La información cartográfica fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

I.2 Parámetros del levantamiento

Para los objetivos mineros a los cuales nuestro organismo está dedicado, se programaron los levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos de contorno con una altura promedio de 300 m, las líneas se levantaron con rumbo N10°E y separación de 1000 m. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación visual.

El levantamiento se realizó con un avión Islander BNA-8, utilizando un magnetómetro Geometrics G-803 con sensibilidad de 0.25 nanoteslas (gammas) y un sensor toroidal; en el posicionamiento de las líneas de vuelo se empleó una cámara de cuadro fijo de 35 mm. y la altura de vuelo se controló con un radioaltímetro Sperry.

I.3 Procesamiento de datos

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

a) Digitalización:

Debido a que en este caso, la integración de la información se realizó a partir de mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000, fue necesario digitalizar dichos mapas siguiendo las trayectorias de vuelo, para capturar las coordenadas UTM y el valor del campo magnético (Z).

b) Formación de archivos:

La información quedó almacenada a lo largo de las líneas de vuelo, constituyendo la unidad básica del banco de datos magnéticos. En esta etapa mediante desplegados gráficos del mapa se revisó que la digitalización fuera correcta.

c) Obtención del campo magnético residual:

Según datos del Observatorio Magnético de Teoluyucan, Méx., obtenidos en el periodo de 1923 a 1987; el campo geomagnético en la República Mexicana ha decrecido en ese periodo, aproximadamente 48.07 nT por año (Urrutia, 1991), lo que nos da una idea de la magnitud del cambio en el campo geomagnético que debe corregirse.

Para la obtención del mapa magnético residual se utilizó el valor del DGRF (Definitive Geomagnetic Reference Field) Quinta generación (Barraclough 1981, 1985; Peddie 1982, 1983) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo en el año de 1987 (IAGA, División 1, Group 1, 1988).

De esta manera, para obtener la respuesta correspondiente a las unidades de roca de acuerdo con su contraste de magnetización; a los datos archivados por línea de vuelo se les sustrajo el valor del campo normal de la tierra o campo geomagnético tomando en cuenta su posición geográfica, las fechas del levantamiento y altura de vuelo.

d) Generación del mapa:

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000, los datos de la carta Los Mochis G12-9 se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z, y se utilizó el algoritmo de interpolación de Kriging (Royle 1981, Oliver 1990) para la generación de curvas de contorno cada 50 nanoteslas. El equipo utilizado fue una computadora IBM Ps/2-55SX, CPU80386 a 16 MHZ coprocesador matemático 80387, 2 MbRAM y disco duro de 64 Mb.

e) Graficación:

El desplegado gráfico previo a la interpretación se realizó en un graficador Wild modelo TA-10 utilizando una plumilla de 0.05 mm. de espesor

para obtener cada uno de los 32 colores utilizados en la imprenta.

I.4 Características de la carta

La carta Los Mochis G12-9 a escala 1:250 000 con formato cartográfico del INEGI contiene información aeromagnética que abarca una superficie de 10,300 km² (Figura 1).

Los intervalos de color al igual que las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 50 nanoteslas, indicando los bajos magnéticos en tonos de verde y azul y los altos magnéticos en tonos rojos como se indica en la gama de valores; para visualizar fácilmente las anomalías dipolares, monopolares y los gradientes magnéticos.

Con color sepia claro se indica la interpretación cualitativa de carácter regional propuesta, en donde se representan los límites de los dominios litomagnéticos con trazos punteados, los lineamientos magnéticos asociados a fallas con líneas interrumpidas.

En la base cartográfica se indican las carreteras, ríos y ciudades. La carta está referida a la proyección transversa de Mercator (UTM).

II SÍNTESIS GEOLÓGICA

En la carta magnética Los Mochis G12-9 afloran unidades litológicas que abarcan un rango estratigráfico del Paleozoico Superior al Reciente (INEGI, 1984).

El Paleozoico Superior aflora en las porciones norte-central y norte oriental de la carta, y está representado por rocas metamórficas de carácter regional; esquistos de clorita y sericita derivados de rocas pelíticas con desarrollo de intercalaciones calcáreas. (Rodríguez y Córdoba, 1977).

La base del Mesozoico la constituyen rocas metavolcánicas del Triásico-Jurásico, (Rodríguez y Córdoba, 1977), derivadas de toba y brecha volcánica de composición ácida, afectadas por metamorfismo dinámico; estos afloramientos se ubican en la porción nor-oriental de la carta.

Las rocas jurásicas afloran en el extremo nor-oriental y están constituidas por una secuencia volcanosedimentaria, compuesta por derrames lávicos andesíticos con intercalaciones detríticas y calcáreas. El Cretácico Inferior sobreyace en discordancia erosional a las unidades anteriores y está constituido por depósitos calcáreos, pelíticos y evaporíticos ubicándose en las porciones norte-central y oriental de la carta.

El Cretácico Superior está constituido por depósitos volcanoclásticos y sedimentos detríticos de composición intermedia, acompañados por derrames lávicos andesíticos. Estas rocas están deformadas y alteradas por hidrotermalismo; se localizan en las porciones norte-central y en el extremo nor-oriental.

A fines del Mesozoico e inicios del Cenozoico, se emplazaron cuerpos plutónicos e hipabisales que se presentan como pequeños afloramientos que se ubican al norte de la ciudad de Los Mochis y al poniente de los poblados de Ocoroni y Estación Naranjo; su composición varía de granito a granodiorita, y pertenecen al batolito de Sinaloa-Sonora. En los alrededores del poblado de Sinaloa de Leyva se localizan numerosas intrusiones de diabasa en forma de diques, mantos y lopolitos.

La Era Cenozoica se inicia con derrames andesíticos del Terciario Inferior (Paleoceno) de coloración rojiza, que están fracturados y presentan alteración hidrotermal (INEGI, 1984). Los afloramientos se presentan aisladamente al norte de la ciudad de los Mochis y en extremo centro oriental de la carta. Esta rocas alojan los principales yacimientos auro-argentíferos hidrotermales tipo veta de la región. (Wisser, 1966).

Una secuencia de riolita, toba riolítica y brecha volcánica, con intercalaciones de dacita hipabisal del Oligoceno-Mioceno, cubre discordantemente a las rocas metavolcánicas y volcánicas del Triásico-Jurásico y del Cretácico Superior. Se ubican al norte de Villa Ahome y en los alrededores de Agua Caliente. Constituyen potentes espesores que conforman el borde poniente de la Sierra Madre Occidental.

En el Terciario Superior, los eventos volcánicos están representados por derrames y material piroclástico de composición intermedia y básica. Los principales afloramientos se localizan al sur del poblado de Topolobampo y al noreste de la ciudad de Guamúchil.

A finales del Cenozoico y principios del Cuaternario se depositaron sedimentos clásticos continentales que rellenaron las fosas tectónicas.

Durante el Cuaternario se depositó una alternancia de lavas basálticas y material piroclástico de composición básica que afloran al noroeste y sureste de la ciudad de Guamúchil.

Finalmente, el Reciente se depositaron sedimentos cláticos gruesos a finos de origen aluvial, eólico, litoral y lacustre, estando ampliamente distribuidos al sur, constituyendo una extensa planicie costera con orientación noroeste-sureste y ocupando la mayor parte de la superficie cubierta por la carta.

Los principales rasgos estructurales se localizan en el extremo nor-oriental de la carta, son fallas normales en las rocas terciarias con orientación preferencial NE-SW. Existe otro fallamiento con rumbo NW-SE hacia la esquina nor-oriente de la carta.

La principal actividad minera dentro de la carta Los Mochis G12-9, se localiza en los alrededores del poblado de Sinaloa de Leyva y en el poblado de Agua Caliente, estos yacimientos corresponden a brechas y vetas hidrotermales de plomo, zinc y plata.

III DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

Los mapas aeromagnéticos proporcionan importante información acerca de la distribución y carácter de las rocas ígneas y sedimentarias, además permite conocer la naturaleza de las rocas sepultadas y delimitar contactos.

La carta magnética Los Mochis G12-9 que corresponde a una porción costera del estado de Sinaloa, se encuentra en su mayor parte cubierta por sedimentos recientes, por lo que la interpretación aeromagnética representa una aportación valiosa para conocer indirectamente la litología y el aspecto estructural de la superficie continental cubierta por esta carta.

En esta carta, se interpretaron 6 grupos de dominios magnéticos indicados con las letras A_1, A_2, A_3, B_1, B_2 y C, diferenciados de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar, estos dominios se atribuyen a las respuestas de rocas ígneas intrusivas y extrusivas de composición ácida a básica, sedimentarias y metamórficas (Figura 2).

A partir de los lineamientos magnéticos, se identificaron algunas fallas regionales que afectan a las rocas profundas y que a veces no tienen manifestación superficial.

El grupo de dominios magnéticos identificados con las letras A_1, A_2 y A_3 se atribuyeron a la respuesta de rocas intrusivas de diferente composición, las cuales forman parte del Batolito de Sinaloa-Sonora.

Los dominios magnéticos A_1 se caracterizan por ser muy extensos y de baja intensidad. La distribución de estos dominios es amplia y su origen se atribuye a la presencia de intrusivos de composición ácida a intermedia localizados cerca de la superficie; estos intrusivos corresponderían al Batolito de Sinaloa-Sonora.

El dominio magnético A_1 de mayor extensión se presenta en la porción centro-sur de la superficie cubierta por el levantamiento geofísico, encontrándose cubierta en su totalidad por sedimentos no consolidados.

A la altura de la ciudad de Los Mochis existe un amplio dominio magnético A_1 con una tendencia alargada este-oeste, este dominio se encuentra cubierto por aluvión existiendo un pequeño afloramiento de intrusivo en la proximidad nororiente de la ciudad de Los Mochis.

Otros dominios magnéticos A_1 de menor extensión a manera de apófisis, se ubican en la porción norte-central de la carta; existiendo correlación de uno de estos dominios con el intrusivo que se localiza al poniente del poblado de Ocoroni.

Los dominios magnéticos A_2 se diferenciaron por tener una intensidad magnética mayor que el dominio A_1 y presentan anomalías dipolares normales. Los dominios magnéticos A_2 se atribuyen a rocas intrusivas de composición intermedia a básica, indicando una fase más básica dentro de la extensa masa batolítica.

El dominio magnético A_2 de mayor extensión se ubica al sur de la ciudad de Los Mochis, tiene forma alargada con orientación este-oeste. Otro dominio A_2 se localiza al norte del poblado de Guasave y está rodeado por el dominio magnético A_1. Un tercer dominio A_2 de menores dimensiones se presenta en la población de Sinaloa de Leyva.

Los dos primeros dominios A_2 se encuentran cubiertos por aluvión y el de Sinaloa de Leyva se correlaciona con rocas metavolcánicas del Triásico-Jurásico.

El dominio magnético A_3 se obtuvo en una pequeña extensión en el extremo norte de la carta, esta unidad corresponde a la prolongación al sur del dominio magnético A_3 que se presenta ampliamente distribuido en la carta Huatabampo G12-6, localizada hacia el norte. Se caracteriza por una muy alta intensidad magnética y dipolos normales e invertidos en posición caótica. La alta intensidad magnética en este dominio se atribuye a la presencia de un intrusivo de composición básica, sepultado por rocas volcánicas ácidas en el norte y por rocas metamórficas en la porción sur.

La distribución de localidades mineras asociadas a los dominios magnéticos A_1, A_2 y A_3 en la carta Huatabampo G12-6, ubicada al norte de esta carta, sugiere la posibilidad que en esta última exista mineralización polimetálica relacionada genéticamente a las intrusiones detectadas; tal es el caso del dominio magnético A_3 que comprende al distrito minero Ocoroni (Duskin y Clark, 1973).

Al nororiente del poblado de Sinaloa de Leyva, existe actividad minera en el poblado de Agua Caliente (C.R.M., 1991), esta localidad minera se puede asociar con el intrusivo interpretado como dominio magnético A_2 localizado en el poblado de Sinaloa de Leyva.

Otra correlación interesante se presenta entre las intrusiones interpretadas que siguen una orientación este-oeste y que se ubican en la porción norte-central de la carta, y el grupo de localidades mineras como son La Palma (Ag, Au), Cerro Mapiri (Au), San Joaquín (Au, Ag), Palmarito (Au, Ag) y los Socios (Au); (C.R.M., 1991); que se localiza en la prolongación al oriente de la carta. Lo anterior sugiere que la alineación de los dominios magnéticos A_1 y A_2 corresponde a una zona interpretada como intrusivos que se emplazaron a lo largo de una zona de debilidad originada por fracturamiento profundo con esa orientación.

Los dominios magnéticos B_1 se caracterizan por presentar una intensidad magnética intermedia respecto a las demás unidades y una forma irregular de sus anomalías con dipolos complejos.

Estos dominios magnéticos se atribuyen a las respuestas del grupo de rocas volcánicas de composición ácida-intermedia, tienen poca extensión y se ubican en sus extremos nor-oriental y nor-occidental de la carta. Las unidades volcánicas de este grupo, son las que en la región alojan los principales yacimientos auroargentíferos hidrotermales tipo veta. (Wisser, 1996).

Los dominios magnéticos B_2 tienen una mayor distribución que B_1 y se localizan en las porciones oriente, sur-oriente y sur de la carta, se encuentran en su mayor parte sepultados por sedimentos recientes. Se caracterizan por tener una alta intensidad magnética y están representados por anomalías formadas por pequeños dipolos de alta frecuencia. Estos dominios magnéticos se atribuyen a rocas volcánicas de composición básica.

El dominio magnético C está ampliamente distribuido en la carta Los Mochis G12-9, corresponde al dominio de menor respuesta magnética y gradiente mínimo; se atribuye a la presencia de rocas sedimentarias y metamórficas del paleozoico y mesozoico, cubiertas la mayor parte por sedimentos continentales. La respuesta magnética de este dominio se considera que está afectada en algunas partes por el basamento cristalino, así como por algunas intercalaciones de rocas de origen volcánico dentro de la secuencia sedimentaria.

Como se observa en la figura 2, se presentan 2 sistemas de lineamientos magnéticos que son: E-W y N-S. El más notable con orientación E-W se interpretó como un sistema de fallas antiguas de origen tectónico profundo y que no siempre tienen manifestación superficial, relacionado en la porción norte-central de la carta con intrusivos de los dominios magnéticos A_1 y A_2.

El segundo grupo de lineamientos magnéticos se atribuye a fallas recientes de rumbo norte-sur y N30°E que se presentan principalmente en las porciones centro y sur-oriente de la carta. En el extremo sur-oriente, se interpreta un bloque hundido con rumbo norte-sur, desplazado por fallas de rumbo este-oeste, presentándose en su porción norte un curvolineamiento hacia el noroeste.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barraclough D.R., 1981. “The 1980 Geomagnetic Reference Field”; Nature, vol. 294 p. 14-15

Barraclough, D.R. (IAGA) Division 1 Working Group 1), “International Geomagnetic Reference Field”, revisión 1985. J. Geomag. Geoelectr. 37, p. 1157-1163.

Consejo de Recursos Minerales (CRM), 1991. “Monografía Geológica Minera del Estado de Sinaloa”, Publicación M-1e. Coordinación Ing. José Cárdenas V. SEMIP. p. 76-80.

Duskin J. Douglas y Clark F.K. 1973. “Geology and Mineralization in the Ocoroni District, Sinaloa Mexico”. Soc. Geol. Mexicana. Bol. 34 1 y 2, p. 43-61.

IAGA División I. Working Group I (D.R. Barraclough, Chairman), 1988. “International Geomagnetic Refernce Field”, revisión 1987. Geophysical Journal, vol. 93, p.187-189.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1984; Carta Geológica Los Mochis G12-9.

Oliver M.A. 1990, “Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information System, International.” Journal of Geographic Infomation System, vol. 4, p. 313-332.

Peddie Norman W., 1982. “International Geomagnetic Refernce Field; the Third Generation,” J. Geomag. Geoelect. v. 34, p. 309-326.

Peddie N.W., 1983. “International Geomagnetic Reference Field, its Evolution and the Difference in Total Field Intensity between new and old models for 1965-1980”, Geophysics., v. 48 Núm. 12, p. 1691-1696.

Rodríguez Torres T. Y Córdoba D.A., 1977. “Atlas Geológico y Evaluación Geológico-Minera del Estado de Sinaloa”. Instituto de Geología, UNAM y Secretaría del Desarrollo Económico del Estado de Sinaloa.

Royle A.G. 1981.”Practical Universal Kriging and Automatic Countouring”. Geoprocessing. p. 337-354.

Urrutia Fucugauchi J. y Campos Enríquez J.Q. (1991) “Geomagnetic Secular Variation in Central Mexico since 1923 and comparison with 1945-1990 IGRF models”; Instituto de Geofísica UNAM.

Wisser Edward., 1966. “The Epithermal Precious Metal Province of North West Mexico”. Nevada Bureau Mines. Report 13. pp. 63-92.

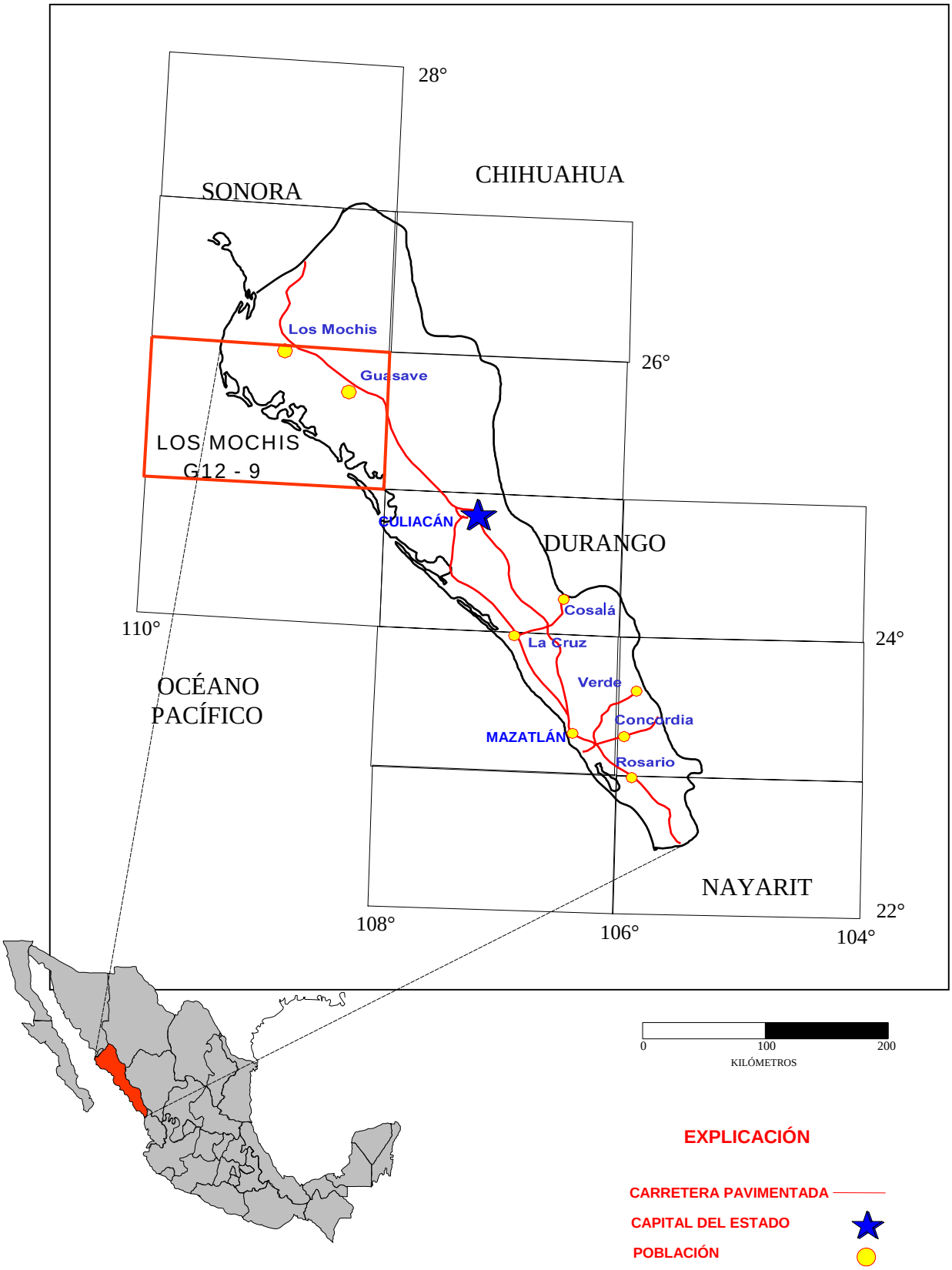
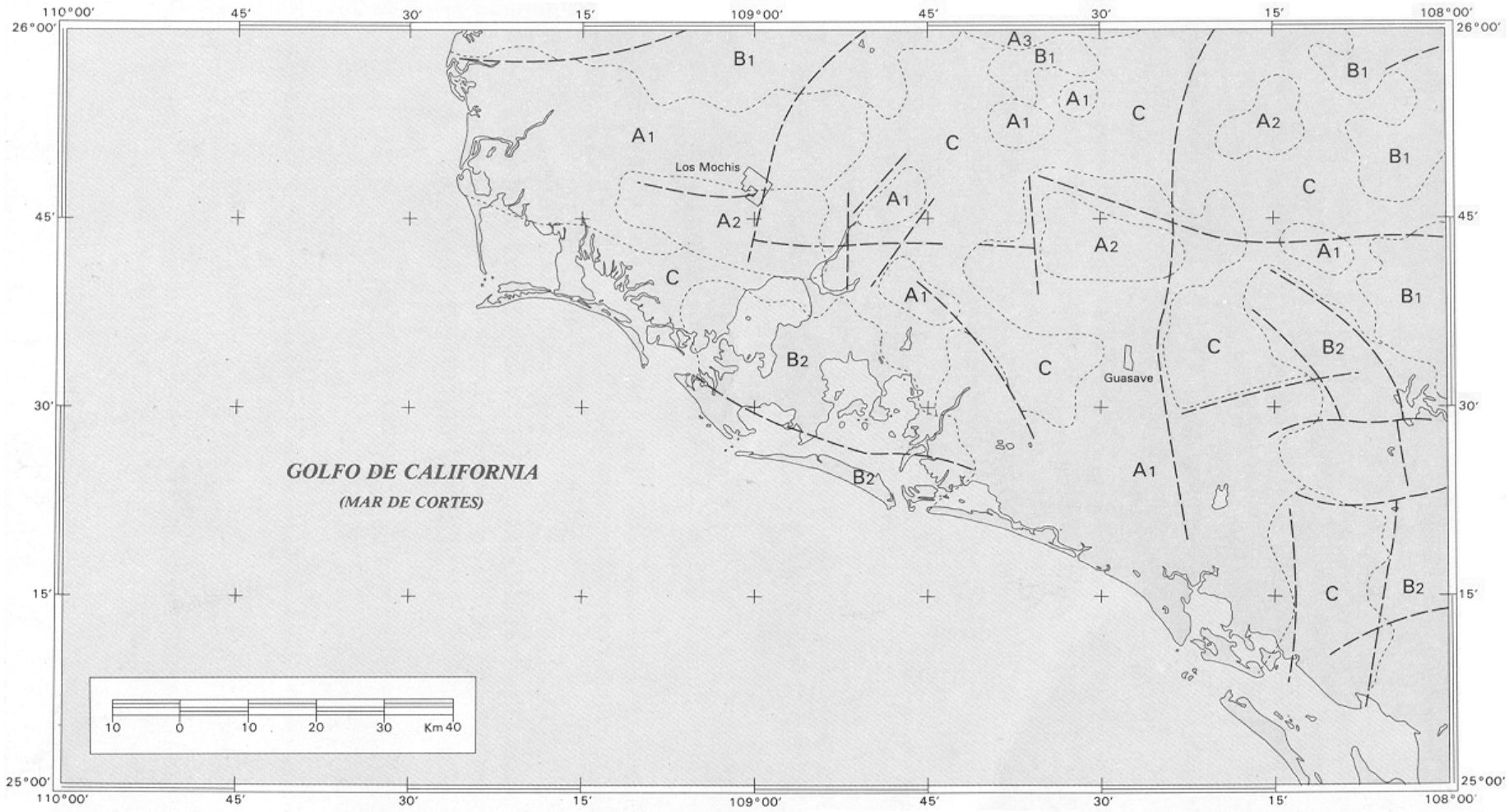


FIGURA 1 .- MAPA DE LOCALIZACIÓN



INTERPRETACION DE CARACTER REGIONAL

LIMITE DE UNIDADES LITOMAGNETICAS

LINEAMIENTO MAGNETICO ASOCIADO A FALLAS

A_1- ACIDAS A INTERMEDÍAS
A_2- INTERMEDIAS A BASICAS
A_3 BASICAS
} ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

B_1- ACIDAS A INTERMEDIAS
B_2- BASICAS
} ROCAS VOLCANICAS

C- ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

INTERPRETACIÓN MAGNÉTICA LITOESTRUCTURAL

LOS MOCHIS G12-9

FIGURA 2