CONSEJO
DE RECURSOS
MINERALES

SECRETARÍA DE ECONOMÍA | SE

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

TEXTO GUÍA
CARTA MAGNÉTICA
"CIUDAD DELICIAS" H13-11

ESCALA 1:250 000

POR: **Ings. César Alam Hernández**
Ramón Mérida Montiel
Israel Hernández Pérez

MÉXICO, 1998

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA

- Editada por el Consejo de Recursos Minerales. Primera Edición 1998. © Derechos Reservados.

CONTENIDO

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.- CONTEXTO GEOLÓGICO

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

ÍNDICE DE FIGURAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN

El Consejo de Recursos Minerales realiza actualmente el programa de infraestructura Geológico-Minera dentro del cual se lleva a cabo el cubrimiento aeromagnético sistemático de las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional, con el propósito de investigar las condiciones geológicas y estructurales del subsuelo que, junto con la información geológico minera existente, nos permita seleccionar áreas prospectivas que conduzcan al descubrimiento de nuevos depósitos minerales.

Dentro de este programa se llevó a cabo el levantamiento aeromagnético de la hoja Ciudad Delicias H13-11 a escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI, la cual se ubica en la porción centro oriental del estado de Chihuahua y comprende una superficie de 21,684 Km² .

El levantamiento magnético se realizó con avión en dos etapas: la primera realizada durante los años de 1971 y 1972 se voló a 300 m de altura con líneas de rumbo N30°E y separación de 1000 m; en la segunda etapa, en 1997, se utilizaron los mismos parámetros excepto que las líneas tuvieron una dirección N-S. Los datos geofísicos se presentan como curvas de contorno de campo magnético total indicando su intensidad con contrastes de color; se indica la interpretación litológica y estructural en la carta y los resultados se explican en el presente texto guía.

La región está constituida por rocas precámbricas y paleozoicas del cratón de Norteamérica que fueron cabalgadas, deformadas y metamorfoseadas durante la colisión de Suramérica con Norteamérica en el Paleozoico Tardío (orogenia Ouachita). Sobre este basamento acrecionado se formó una cuenca intracratónica donde se depositaron grandes cantidades de sedimentos mesozoicos que fueron deformados durante la orogenia Laramide. Un intenso magmatismo durante el Terciario Inferior y Medio dió origen a intrusiones graníticas y a un intenso vulcanismo félsico asociados a mineralización polimetálica tipo skarn y vetas hidrotermales.

Los sistemas de fallas y fracturas más importantes son N10°-30°W, N40°-60°W y NE-SW los cuales han estado activos en diferentes épocas durante el Cenozoico y jugaron un papel importante en el emplazamiento de los troncos intrusivos y formación de grandes estructuras de caldera.

Los yacimientos minerales de la región están genéticamente relacionados a intrusiones graníticas individuales y a las estructuras de caldera. Los más importantes son los de Santa Eulalia y La Perla, pero existen numerosas manifestaciones de prospectos tipo skarn y vetas epitermales.

La interpretación cualitativa regional de la carta Ciudad Delicias permitió identificar la presencia de 5 unidades litomagnéticas que indican la distribución superficial y oculta de las principales unidades litológicas.

También se identificaron lineamientos magnéticos asociados a fallas normales (tipo Cuencas y Sierras) y una serie de lineamientos magnéticos paralelos con dirección N50°W, que definen una probable zona de fallamiento transcurrente.

La interpretación realizada junto con el marco geológico-estructural y los modelos de mineralización de la región permitieron seleccionar 5 zonas con características geológico-geofísicas y mineras favorables para ser prospectadas por metales base y preciosos asociadas a dominios magnéticos A_1 y A_2 así como a curvolineamientos magnéticos que se correlacionan con cuerpos intrusivos aflorantes o a profundidad.

Dentro de estas zonas prospectivas, dos de ellas se seleccionaron favorables para ser exploradas y verificar sus posibilidades de contener mineralización económica en cuerpos de skarn; una con posibilidades de contener yacimientos epitermales; otra zona se define como un posible blanco para exploración ferrífera; finalmente otra zona prospectiva se considera con posibilidades de contener yacimientos de reemplazamiento.

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

I.1.- INTRODUCCIÓN

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

El Consejo de Recursos Minerales tiene entre sus funciones, la misión de elaborar cartas geofísicas aeromagnéticas en las áreas con mayor potencial minero en el territorio nacional. La carta magnética Ciudad Delicias H13-11, escala 1:250 000, forma parte de una serie de publicaciones dentro de este programa, las cuales aportan información básica que permite fundamentar futuras exploraciones.

En la interpretación cualitativa de la presente carta se lograron definir en el ámbito regional, las expresiones magnéticas más evidentes como son: la distribución y configuración de las rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias, así como contactos litológicos ocultos, zonas de falla y fracturas profundas.

I.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 en los años 1971, 1972 y 1997. Los datos del primer levantamiento se compilaron mediante un proceso analógico para generar mapas aeromagnéticos de intensidad total a escala 1:50 000. La información obtenida en 1997, se procesó directamente de la grabación digital del equipo aerogeofísico.

La información cartográfica básica se digitalizó a partir de distintas cartas temáticas de DETENAL (Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, 1979).

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

Para los objetivos mineros a los cuales nuestro Organismo está dedicado, durante 1971 y 1972, se efectuaron levantamientos aeromagnéticos siguiendo vuelos de contorno, con una altura promedio sobre el terreno de 300 m, en líneas con rumbo N 30º E y separación de 1000 m. La identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el sistema de navegación visual.

En esta etapa se empleó un avión Twin Pionner, con un magnetómetro aéreo Barringer AM-104, con sensibilidad de 0.5 nT (nanoteslas).

En los vuelos realizados en 1997, se utilizaron los mismos parámetros a excepción del rumbo de las líneas de exploración que fue N-S. En este caso, la identificación de las trayectorias de vuelo se llevó a cabo mediante el

sistema de navegación por satélite (GPS), utilizando el módulo PNAV 2001 y procesador Novatel. Este levantamiento se realizó con un avión bimotor Islander BN-B27, utilizando un sensor magnético fijo de vapor de Cesio marca Scintrex CS-2, con resolución de 0.001 nT.

I.4.- PROCESAMIENTO DE DATOS

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

a) Integración de la información aeromagnética

Los datos de los mapas magnetométricos digitalizados y los datos de los vuelos recientes, se exportaron a una estación de trabajo Sun Sparc 10, para su procesamiento e integración mediante el software Terratools, generándose una rejilla de datos de 500 x 500 m.

b) 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.

En el caso de la carta Ciudad Delicias H13-11, a los datos aeromágneticos 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. Esta corrección se realizó utilizando el valor de IGRF95 (Campo Geomagnético de Referencia Internacional) adoptado por la Asociación Internacional de Aeronomía y Geomagnetismo (IAGA, División V, Working Group 8, 1992).

c) Generación del mapa

Con la finalidad de obtener el mapa a escala 1:250 000 los datos de la carta magnética se integraron en un archivo de coordenadas X, Y, Z, empleándose el algoritmo de interpolación de mínima curvatura (Briggs, 1974), para la generación de curvas de contorno cada 20 nT con el software Arc-Info y un tamaño de celda de la rejilla de 50 x 50 m. El equipo utilizado fue una estación de trabajo Sun Sparc 10, con disco duro de 8.3 GB, 128 MB de RAM y velocidad de 51 MHz.

d) Graficación

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

I.5.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARTA

La información magnética contenida en la carta Ciudad Delicias H13-11,

escala 1:250 000 con formato cartográfico INEGI, comprende una superficie de 21,684 Km^2 y cubre la porción centro-oriente del estado de Chihuahua.

La edición cartográfica se efectuó con el software Arc-Info. Los intervalos de color de las curvas isomagnéticas se seleccionaron a cada 60 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 20 nT.

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

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.- CONTEXTO GEOLÓGICO

La carta Ciudad Delicias H13-11 se ubica en la parte centro oriental del estado de Chihuahua (Figura 1).

Fisiograficamente, toda la región pertenece a la provincia de Cuencas y Sierras que se caracteriza por sierras y mesetas de origen sedimentario y volcánico con un patrón estructural de bloques levantados y hundidos de dirección NW-SE (C.R.M., 1994).

La edad de las rocas que afloran dentro de la superficie de la carta varía del Proterozoico Medio hasta el Holoceno, predominando las rocas volcánicas oligocénicas y los sedimentos clásticos continentales del Terciario Superior y Cuaternario.

ESTRATIGRAFÍA

ERA PRECÁMBRICA

Las rocas más antiguas de la región consisten de un complejo de rocas metamórficas cristalinas constituido por gneises de la facies anfibolita, cuarcitas y metagranitos que afloran como bloques alóctonos limitados por fallas (Handschy, et al., 1987) y cubiertos tectónicamente por calizas paleozoicas en el flanco norponiente de la Sierra El Carrizalillo (Quintero y Guerrero, 1985).

Estas rocas están intrusionadas por pegmatitas y por su litología se correlacionan con las anfibolitas precámbricas (de 1.3 a 0.9 Ga) de la Sierra del Cuervo (Mauger, et al., 1983) y se consideran parte del cratón de Norteamérica localizada en el extremo norponiente de la carta; el resto de la carta está constituido por un fragmento cortical acrecionado cuyos límites son tema de discusión (Nimz, et al., 1986; Handschy, et al., 1987; Ruiz, et al., 1988; Rudnick y Cameron, 1991; James y Henry, 1993; Moreno, et al., 1993).

ERA PALEOZOICA

Las rocas paleozoicas afloran únicamente en dos localidades bien

definidas: Sierra del Cuervo y Sierra El Carrizalillo.

En la Sierra del Cuervo, extremo norponiente de la carta, consisten de una secuencia tipo flysch con lentes de caliza y fusulínidos del Pérmico Inferior (Bridges, 1965). Forman el núcleo de una estructura anticlinal, están bastante deformadas y localmente presentan discordancias angulares. Se correlacionan litológicamente con la Formación Rara o Plomosas (Ramírez y Acevedo, 1957).

En la Sierra El Carrizalillo, porción centro-norte de la carta, las rocas paleozoicas consisten de una gruesa secuencia de calizas arcillosas, lutitas, areniscas, conglomerados y calizas arrecifales que alcanzan un espesor compuesto de más de 3,000 m, comprenden varias formaciones (Sóstenes, Solís, Minillas, Pastor y Plomosas); forman el núcleo de la sierra constituyendo una franja que se extiende hacia el norte, hasta Placer de Guadalupe (Bridges, 1965; Hennings, 1994). Estas rocas están cubiertas discordantemente por sedimentos mesozoicos y están afectadas por troncos granodioríticos con mineralización asociada de Ag, Pb, Zn y Fe. (C.R.M., 1994).

Las rocas precámbricas y paleozoicas no presentan respuestas magnéticas anormales predominando la respuesta de las rocas más recientes.

ERA MESOZOICA

Las rocas mesozoicas consisten de sedimentos marinos, mixtos y continentales que se depositaron en la cuenca intracratónica de Chihuahua, con un espesor compuesto de más de 7,000 m (Tovar, 1981). Son las rocas sedimentarias de mayor distribución superficial y afloran principalmente en el sector norponiente de la carta (INEGI, 1984).

Debido al carácter regional de la interpretación magnética y por la compleja nomenclatura estratigráfica de las rocas mesozoicas, que incluyen varias formaciones con múltiples cambios de facies, el uso y descripción de nombres formacionales se restringe al mínimo, agrupándose en sistemas para simplificar las descripciones estratigráficas, usando los nombres formacionales en localidades específicas y bien conocidas.

Sistema Triásico

Está representado por una secuencia de lechos rojos fosilíferos de gran espesor que afloran como remanentes de erosión en el flanco norponiente de la Sierra El Carrizalillo, cubriendo discordantemente las rocas paleozoicas. Estos afloramientos se asignan a la Formación Carrizalillo (C.R.M., 1994).

Sistema Jurásico Superior

Las rocas de este sistema afloran en el flanco surponiente de la Sierra El Carrizalillo extendiéndose hasta la región de Placer de Guadalupe fuera de la carta. Consiste de una secuencia de lutitas, areniscas y calizas arcillosas con un conglomerado basal abarcando en conjunto un espesor mayor a 800 m y cubriendo discordantemente a las rocas paleozoicas. Se correlacionan con la Formación La Casita del Kimmeridgiano-Tithoniano (Bridges, 1965).

Sistema Cretácico Inferior

Las rocas de este sistema son las de mayor distribución superficial dentro de la carta y están representadas por las siguientes formaciones:

Formación Navarrete.- Es la unidad cretácica más antigua (Berriasiano-Hauteriviano) y está constituida por una secuencia de areniscas, lutitas, calizas delgadas y algunos horizontes de evaporitas que afloran en la Sierra El Carrizalillo cubriendo a las rocas paleozoicas y jurásicas.

Formación Las Vigas.- Cubre a la unidad anterior y esta constituida por areniscas, lutitas y limolitas con estratificación cruzada, depositadas en un ambiente continental mixto, aflora en las sierras El Carrizalillo, Roque y La Amargosa.

Formación Cuchillo.- Consiste de una secuencia de calizas, limolitas y lutitas interestratificadas con yesos que se encuentran en la Sierra La Amargosa y en el subsuelo del distrito minero de Santa Eulalia (Megaw, 1990).

Grupo Aurora.- Está constituido por una secuencia de más de 1,000 m de espesor, principalmente de calizas arrecifales con intercalaciones argiláceas y calizas arcillosas hacia la cima; comprende varias formaciones (Benigno, Lágrima, Finlay, Benevides, Loma de Plata, Del Río y Buda) que afloran en las sierras El Carrizalillo, La Gloria, Chorreras, La Virgen, La Amargosa, El Jabalí, Santa Eulalia, El Alamillo, Gómez, El Morrión, El Soldado y Mojina. (INEGI, 1984; C.R.M., 1994).

Calizas de este sistema afloran en la porción central de la caldera de San Carlos, en el extremo noreste de la carta (C.R.M., 1994).

Sistema Cretácico Superior

Las rocas de este sistema consisten principalmente de sedimentos clásticos constituidos por lutitas carbonosas, areniscas, lutitas, limolitas, calizas arcillosas con horizontes de carbón y madera petrificada hacia la cima; comprenden a las formaciones Ojinaga, San Carlos y El Picacho con edades del Turoniano al Campaniano.

Estos sedimentos se depositaron en un ambiente mixto, continental y marino; regionalmente representan un sistema deltaico progradante hacia el oriente (Araujo, et al., 1986). Estas rocas han sido intensamente erosionadas y solo afloran en localidades restringidas principalmente en el flanco poniente de la Sierra El Morrión donde alcanzan 330 m de espesor (Bridges, 1965) y al sur de la Sierra La Gloria (INEGI, 1984).

En general, las rocas sedimentarias presentan respuestas magnéticas de baja intensidad (dominio C).

ERA CENOZOICA

Sistema Terciario

Está representado por rocas volcánicas félsicas, intermedias y máficas, troncos plutónicos, cuerpos hipabisales graníticos y sedimentos clásticos continentales.

Al parecer la unidad sedimentaria más antigua es un conglomerado basal constituido por clastos de calizas subredondeados en una matriz calcareoarcillosa con material tobáceo que aflora en el distrito minero de Santa Eulalia, presentando evidencias de mineralización en la base, en el contacto con calizas cretácicas (Megaw, 1990). Se desconoce su edad pero debe ser eocénica ya que está cubierta por rocas volcánicas oligocénicas y debe constituir la base de la columna volcánica en otras localidades.

Las rocas volcánicas más antiguas de la carta forman parte de un extenso campo volcánico en la parte oriental de Chihuahua y consisten de basaltos alcalinos interestratificados con rocas clásticas continentales que afloran en el sector nororiente de la carta. Se desconoce su edad pero están cubiertos por una gruesa secuencia de tobas y lavas riolíticas con cantidades menores de rocas intermedias y máficas de afinidad calcoalcalina de alto K (Cameron, et al., 1980), con una edad de 34 a 30 Ma. y espesor de 1000 m en la Sierra El Virulento (Moll, 1981).

El origen del campo volcánico en cuestión parece relacionado a intrusiones hipabisales a lo largo de fracturas anulares de probables calderas (Gunderson, et al., 1986).

En la Sierra Pastorías, extremo centro-poniente de la carta, aflora una gruesa secuencia de tobas y derrames riolíticos relacionados genéticamente a la caldera resurgente de Pastorías que se desarrolló durante el intervalo de 35 a 33 Ma (Megaw, 1981). Toda la secuencia está cubierta por andesitas basálticas de 33 a 30.5 Ma que afloran en la Sierra El Ojito y Cerro La Cantera (INEGI, 1984).

En el distrito minero de Santa Eulalia aflora una secuencia de tobas, derrames andesíticos y riolíticos con basaltos y areniscas relacionados a la caldera de Santo Domingo de 31.7 a 27.5 Ma (Megaw, 1990).

En la región de la Perla, sector suroriente de la carta, aflora una secuencia de derrames riodacíticos porfiríticos de más de 300 m de espesor y una edad de 30 Ma relacionados a mineralización de Fe (Van Allen, 1978).

En el extremo sureste de la carta, en la Sierra Encinillas, también aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas félsicas afectadas por cuerpos intrusivos subvolcánicos con mineralización de Fe (C.R.M., 1994).

Otros afloramientos importantes de éstas rocas volcánicas félsicas se localizan en la parte central de la carta en las sierras Cuesta El Infierno, El Carrizo, Humboldt, Palomas, El Pajarito, Santa Marta, La Matanza, Los Organos y Salsipuedes entre otras (INEGI, 1984).

Todas las rocas volcánicas anteriores, en su mayoría, son ignimbritas riolíticas emitidas de grandes complejos de caldera equivalentes al Supergrupo Volcánico Superior y son transicionales entre la Sierra Madre Occidental y la provincia Trans-Pecos, Texas (McDowell y Clabaugh, 1979; Gunderson, et al., 1986).

En el Terciario Superior (Mioceno-Plioceno), a consecuencia del fallamiento de Cuencas y Sierras, entre 24 y 17 Ma (Henry y Price, 1986), se formaron extensos depósitos

continentales constituidos por conglomerados de origen volcánico y sedimentario, gravas, arenas y arcillas mal consolidadas, con material basáltico y tobáceo interdigitado, que rellenaron fosas tectónicas y valles intermontanos alcanzando espesores de más de 300 m (Gunderson, et al., 1986). Estos depósitos tienen amplia distribución en toda la carta principalmente a lo largo de la falla de Juárez (Eguiluz, 1984).

En el extremo sureste de la carta afloran derrames basálticos alcalinos que forman parte del Campo Volcánico Camargo, de 1.8 Ma con xenolitos del manto y corteza inferior (Rudnick y Cameron, 1991; Cameron, et al., 1992); éstas rocas constituyen el evento volcánico más joven de la región.

Sistema Cuaternario

Está representado por suelos residuales de poco espesor constituidos de limos y arcillas que cubren las partes bajas de los valles; depósitos de talud y abanicos aluviales al pie de las sierras; depósitos lacustres en áreas de drenaje interno y terrazas de conglomerados mal consolidados principalmente a lo largo del Río Conchos.

Rocas ígneas Intrusivas

Los afloramientos de este tipo de rocas son escasos y los que existen se concentran en la parte norte de la carta; consisten de cuerpos plutónicos en forma de tronco que afectan a las rocas proterozoicas, paleozoicas y mesozoicas y cuerpos subvolcánicos graníticos que afectan a las rocas cretácicas y volcánicas oligocénicas; algunos están asociados a mineralización polimetálica.

Los intrusivos más antiguos de la carta son el tronco granítico de Aldama de 257 Ma (Pérmico Tardío) que afecta a rocas paleozoicas en la Sierra del Cuervo y el tronco granodiorítico de Carrizalillo, de 267 Ma (Pérmico Medio) que afecta a las rocas grenvilianas. Estos intrusivos han sido deformados por cataclasis y por su composición química se consideran parte de un arco magmático asociado a subducción, formado después de la orogenia Ouachita (Torres, et al., 1993).

Por su reducido tamaño no tienen expresión magnética a la escala de la carta.

Entre las Sierras El Carrizalillo y Chorreras, en el sector centro-norte de la carta, aflora una serie de troncos granodioríticos de forma alargada en dirección NW-SE; el mayor de ellos (Tronco de Chorreras) tiene una longitud de 5 Km por 4 Km de ancho; estos cuerpos se emplazaron a lo largo de estructuras anticlinales laramídicas y afectan a las rocas paleozoicas y mesozoicas con mineralización asociada de Ag, Pb, Zn y Fe (Vélez, 1973).

Se desconoce su edad pero por su semejanza con intrusivos conocidos cercanos (El Magistral y Terrazas), grado de erosión y tipo de mineralización asociada, se consideran del Eoceno. Magnéticamente, estos cuerpos se asocian espacialmente a dos dominios A_2.

En los trabajos subterráneos del distrito minero de Santa Eulalia, se cortó un intrusivo granodiorítico-cuarzomonzonítico fechado en 37.5 Ma y diques dioríticos y diabásicos de la misma edad que no tienen relación genética con la mineralización. Numerosos diques y sills félsicos (alaskitas) con edades de 26.6 Ma cortan y son cortados por la mineralización; se consideran contemporáneos y genéticamente relacionados al evento magmático que produjo la mineralización en el Campo Oriente (Megaw, 1990). La magnetometría indica una anomalía de intensidad moderada asociada a este intrusivo (dominio A_1).

Otros afloramientos de troncos graníticos son los de Pico Duro y El Centinela en el sector centro-oriente de la carta. Afectan a calizas y uno de ellos está asociado a mineralización de Fe (El Centinela). Se desconocen sus relaciones con las rocas volcánicas, pero aparentemente están afectadas por un levantamiento dómico que produjo un fracturamiento anular en ellas (INEGI, 1995) los cuales se correlacionan espacialmente con curvolineamientos magnéticos (Figura 2). Estos intrusivos se asocian superficialmente con dos anomalías magnéticas de alta intensidad (dominios A_2).

En la Sierra de Encinillas, extremo suroriente de la carta, aflora un pórfido monzonítico que parece ser comagmático con las rocas oligocénicas de 30 Ma y está asociado a mineralización de Fe (C.R.M., 1994). Este cuerpo se correlaciona espacialmente con una anomalía dipolar de alta intensidad (dominio A_2).

Otras rocas intrusivas se presentan como pequeños troncos subvolcánicos y diques de composición granítica a riolítica-riodacítica y están genéticamente relacionados al vulcanismo oligocénico, afloran en diferentes localidades pero las más documentadas son la Sierra de Chorreras (Vélez, 1973), oriente de la Sierra La Amargosa, donde están relacionados a mineralización de barita hidrotermal (C.R.M., 1994) y en el campo volcánico que comprende la Sierra El Virulento y las localidades de Pozos, El Presón y Leones, en el extremo nororiente de la carta (Moll, 1981; Gunderson, et al., 1986; Padilla, et al., 1995).

Geología Estructural

El marco estructural que rige la carta es producto de los esfuerzos compresivos de la orogenia Laramide seguidos de una tectónica transcurrente y finalmente un evento extensional que dió como resultado la morfología actual de la región.

Las rocas precámbricas y paleozoicas fueron afectadas por la orogenia Ouachitana que les produjo un metamorfismo térmico de bajo grado (Denison, et al., 1971) y un intenso plegamiento con dirección NE-SW y vergencia hacia el NW (Handschy, et al., 1987; Ross, 1979).

Localmente las rocas paleozoicas están sumamente plegadas, deformadas y presentan fallas inversas en la Sierra El Carrizalillo (Vélez, 1973) donde forman parte de un bloque levantado limitado al NE por una falla normal con dirección N 40º W. En la Sierra del

Cuervo, los pliegues y cabalgaduras asociadas de las rocas paleozoicas tienen una vergencia hacia el ESE causado por el levantamiento de la Sierra del Nido hacia el poniente (Handschy, et al., 1987; Goodell, 1993).

Las rocas mesozoicas tienen un plegamiento asimétrico con dirección N 10-20º W en las sierras Gómez, El Morrión y El Soldado. En el sector norponiente, el cual sufre una brusca inflexión hacia el suroriente donde es atravesado por el Río Conchos y cambia a una dirección N 40-50º W que es la que predomina en el resto de la carta. Este cambio brusco en la dirección del plegamiento laramídico aparentemente refleja una discontinuidad en el tipo de basamento de la región y está relacionado con la localización en el subsuelo del cinturón estructural Ouachitano (James y Henry, 1993).

Las rocas volcánicas de más de 30 Ma de edad presentan un plegamiento simétrico muy suave con ejes NW-SE y un radio de curvatura muy amplio en la región de Pozos (Gunderson, et al., 1986) y en la estructura dómica El Anteojo (INEGI, 1995). Las rocas volcánicas más jóvenes solo están afectadas por el fallamiento normal de Cuencas y Sierras que cortan a toda la columna geológica.

Los rasgos estructurales más notables en la carta son un sistema de fallas con una dirección N 10º W en el extremo norponiente, a N 30º W en la parte oriental, estas fallas limitan bloques levantados y fosas tectónicas con longitudes a rumbo de varios Kms y desplazamientos normales de 300 m (Gunderson, et al., 1986).

En la parte oriental, una serie de fallas de este tipo define a la falla de Juárez, con un componente de movimiento siniestral, de 400 Km de longitud que cruza todo el estado de Chihuahua (Eguiluz, 1984). La traza de esta falla está definida por una serie de valles alargados, lagunas secas y por la desviación del curso del Río Conchos; constituye el límite oriental de la plataforma de Aldama.

Otra estructura importante del sistema N 30º W es la falla La Perla-Derramadero de más de 100 Km de longitud que corta a la estructura dómica El Anteojo (INEGI, 1995). En la parte centro-sur de la carta, una serie de fallas N 50-60º W poco visibles en la imagen de satélite (INEGI, 1995), se correlacionan espacialmente con varios lineamientos magnéticos paralelos con el mismo rumbo que definen una zona de cizalla, la cual está cortada por el sistema N 10-30º W de Cuencas y Sierras.

Un segundo sistema consiste de fallas con dirección N 30-50º E, menos conspicuo que el sistema N 10-30º W al cual interrumpe. Este sistema está bien definido por lineamientos magnéticos con la misma dirección principalmente en la parte oriental de la carta.

El principal desplazamiento del fallamiento de Cuencas y Sierras fue normal con un componente menor de deslizamiento lateral derecho sobre fallas preexistentes NNW-SSE y NW-SE (Price y Henry, 1984) como los de la parte centro sur de la carta. El cambio de la extensión ENE a NNW reactivó el movimiento lateral de las fallas NNW-SSE, NW-SE y WNW-ESE (Henry y Price, 1986).

Otros rasgos notables en la carta son las estructuras de caldera asociadas al vulcanismo oligocénico, como las de Pastorías y Santo Domingo, esta última al parecer controla estructuralmente la mineralización de Santa Eulalia (Megaw, 1990).

En el extremo nororiente se tiene la porción surponiente de la caldera de San Carlos, así como evidencias de otra al norponiente de Escobillas (Gunderson, et al., 1986).

En la imagen de satélite (INEGI,1995) se interpretan otros curvolineamientos como el de la Sierra Alta, al poniente de Ciudad Delicias. Otros curvolineamientos dentro de la carta se han interpretado como probables calderas (Padilla, et al., 1995) pero no han sido confirmadas con trabajos de campo.

No se conoce el control estructural que provocó la formación de estas calderas, aparentemente fue la intersección de fallas transcurrentes N 40-60º W con fracturas NE-SW donde el basamento precámbrico influyó en el diámetro y el estilo de resurgencia de la caldera (Lipman, 1984).

Yacimientos Minerales

Los tipos de yacimientos que se presentan dentro de la carta son los yacimientos metasomáticos tipo skarn en forma de mantos, chimeneas, cuerpos irregulares de reemplazamiento y relleno de cavidades, así como yacimientos hidrotermales de tipo epitermal.

En general, la mineralización está espacialmente asociada a intrusiones plutónicas individuales y a estructuras de caldera con sus intrusiones cogenéticas asociadas.

Existen pocos distritos mineros dentro de la carta, siendo el más importante y único activo, el distrito minero de Santa Eulalia, ubicado en la porción centro poniente en el margen oriental de la plataforma de Aldama.

El yacimiento consiste de una serie de cuerpos minerales en forma de mantos, chimeneas y vetas secundarias emplazadas en calizas cretácicas sensiblemente horizontales. La mineralización presenta un control litológico y estructural asociada genéticamente a una serie de diques riolíticos (felsitas) de 26.6 Ma, contemporáneos con el emplazamiento de la mineralización y posiblemente relacionados al complejo de caldera de Santo Domingo (Megaw, 1990). La mineralización económica consiste de sulfuros masivos de Ag, Pb y Zn con pequeñas cantidades de Sn, V, Cu y Au. En toda su historia el distrito ha producido más de 50 millones de ton. de mineral.

Otro distrito minero importante fue La Perla, en el sector suroriente de la carta, donde se explotó un cuerpo ferrífero en forma de manto de 1,200 m de longitud, 700 m de ancho y un espesor promedio de 70 m confinado a un vitrófido de la parte basal de una secuencia félsica de 31.5 Ma con 300 m de espesor. La mena consistía de magnetita, hematita y martita con ganga de cuarzo, calcita y yeso; la mineralización fue formada por fluidos deutéricos ricos en fluor que reemplazaron al vitrófido argilitizado (Van Allen, 1978).

La producción total estimada de este yacimiento fue de 60 millones de ton. con una ley de 58% de Fe; la exploración adicional en la búsqueda de nuevos cuerpos ha sido negativa (C.R.M., 1994).

Al suroriente de este distrito, en la Sierra de Encinillas, también existen manifestaciones ferríferas (La Negra) de forma lenticular, con rumbo NW-SE de 160 m de longitud y 40 m de ancho, asociadas a un tronco cuarzomonzonítico que afecta a las rocas volcánicas oligocénicas. Estos cuerpos ferríferos son de poco volumen y no profundizan (C.R.M., 1994). Aparte en el extremo oriental de la carta existen manifestaciones de mineralización, (prospectos El Presón y Leones), en forma de vetas y brechas hidrotermales de hasta 50 m de diámetro emplazadas en las rocas volcánicas y subvolcánicas oligocénicas. La mineralización consiste de sulfuros de Ag, Pb, Zn con cantidades menores de Cu y Au en ganga de barita y fluorita (Padilla, et al., 1995).

Al norponiente de la Sierra de Chorreras existen varias manifestaciones de mineralización tipo skarn con Ag, Pb, Zn, Cu y Fe (El Tascatito), y vetas epitermales secundarias asociadas al tronco granodiorítico de Chorreras (Vélez, 1973).

En las sierras Roque y La Amargosa, parte central de la carta, existen vetas hidrotermales de barita con rumbo NNW-SSE de hasta 15 m de espesor emplazadas en calizas cretácicas y asociadas espacialmente a pórfidos riolíticos subvolcánicos. La zona tiene un potencial de más de 200,000 ton. de mineral (C.R.M., 1994).

Otras evidencias de mineralización consisten de pequeñas manifestaciones de Mn y barita en la Sierra Mojina, Fe en el intrusivo granodiorítico El Centinela y U en calizas cretácicas en el flanco oriental de la Sierra Gómez (Bridges, 1965).

Respecto a la edad de la mineralización, los datos disponibles indican que la mayoría de los yacimientos caen dentro del intervalo de 38 a 27 Ma asociados al vulcanismo félsico calcoalcalino emitido a través de grandes estructuras de caldera y a sus intrusiones graníticas cogenéticas (Gunderson et, al., 1986; Megaw, 1990; James y Henry, 1993).

En cuanto a la fuente de los metales, las relaciones isotópicas de Pb indican un origen para este elemento a partir de las rocas sedimentarias e ígneas circundantes (James y Henry, 1993). Los estudios de isótopos de Sr e inclusiones fluidas de Santa Eulalia son consistentes con un origen combinado para el Pb (Megaw, 1990).

El Pb de las vetas epitermales emplazadas en las rocas ígneas parece ser derivado de las mismas rocas ígneas (James y Henry, op. cit.).

El origen de la barita hidrotermal en la Sierra La Amargosa posiblemente sean los sedimentos paleozoicos de la facies Ouachita emplazados en el subsuelo (Lowe, 1985).

En términos generales, el volumen de los yacimientos de la región parece estar ligado al tamaño del área afectada por el sistema hidrotermal; las intrusiones pequeñas generaron yacimientos pequeños (San Carlos, Plomosas y El Tascatito), en cambio los sistemas hidrotermales relacionados a

calderas o campos volcánicos son de mayor volumen (ej. Santa Eulalia y La Perla).

Evolución Tectónica

La porción norponiente de la carta forma parte del margen sur del cratón de Norteamérica, cuyo límite al suroriente está definido por una zona acrecionada intensamente deformada que constituye el cinturón orogénico Ouachita, el cual marca la colisión y cabalgamiento de Suramérica sobre el cratón de Norteamérica (Ross, 1979; Handschy, et, al., 1987; Stewart, 1988).

Tectonoestratigráficamente, el cratón de Norteamérica y el terreno acrecionado constituyen los terrenos Chihuahua y Coahuila respectivamente (Campa y Coney, 1983). Para otros autores (Sedlock, et al., 1993) el cratón constituye el terreno Norteamérica, la zona de acreción es el Tarahumara o Mapimí (Moreno, et al., 1993), y más hacia el suroriente se ubica el terreno Coahuiltecano.

Prácticamente la evolución tectónica de la región se inicia con la acreción y deformación de una serie de rocas ígneas y sedimentarias con edades de 1.3 a 1.1 Ga durante la orogenia Grenviliana, de 1.2 a 1.1 Ga (Blount, et al., 1988), que formaron una compleja faja estructural que pasa bajo las Sierras El Carrizalillo, del Cuervo y El Nido (Quintero y Guerrero, 1985; Goodell, 1993).

Los datos isotópicos confirman la presencia de estas rocas en el subsuelo de la región norponiente (James y Henry, 1993).

En el Proterozoico Tardío (850 Ma) se produce un complejo rompimiento continental del cratón de Norteamérica (Stewart, 1976; 1988) dando como resultado bloques microcontinentales que derivaron en el naciente Océano Iapetus (Thomas, 1991), alejándose del cratón y al mismo tiempo se formó el margen sur pasivo del cratón.

La mayor parte del Paleozoico la región sur del cratón estuvo levantada y sometida a intensa erosión; a fines del Misisípico el cratón es afectado por una serie de subsidencias cratónicas posiblemente en respuesta al levantamiento del antepaís durante la fase inicial de colisión (Ross, 1979; Handschy, et al., 1987). En una de estas cuencas (Cuenca Pedregosa) se depositan los sedimentos paleozoicos de la región en un ambiente de plataforma continental (Ramírez y Acevedo, 1957).

A fines del Paleozoico la región es sometida a una intensa deformación debido a la orogenia Ouchita que marca la colisión de Suramérica con el cratón de Norteamérica la cual culmina en el Wolfcampiano Tardío (Ross, 1979). Durante este evento, sedimentos flysch paleozoicos (facies Ouachita) cabalgaron al cratón de Norteamérica formando la faja orogénica Ouachita cuyo límite hacia el norponiente lo constituye una zona frontal deformada de pliegues y cabalgaduras y hacia el sureste está limitada por la zona interna constituida por rocas metamórficas intensamente cizalladas que definen una zona de sutura (Ross, op. cit.).

Los límites y localización del sistema orogénico Ouachita han sido inferidos a partir de datos gravimétricos y magnéticos (Handschy, et al., 1987) y

con isótopos de Pb (James y Henry, 1993). Se ha propuesto que su traza continua desde el suroeste de Texas hacia el noreste de Chihuahua, con una dirección N 30º E pasando por la parte central de la carta, inmediatamente al sur de la Sierra El Carrizalillo, continuando hacia el suroeste donde es cortada por la megacizalla Mojave-Sonora, sin embargo, su posición exacta aún es motivo de discusión (Handschy,et al., 1987; Stewart, 1988; James y Henry, 1993; Sedlock, et al., 1993 y Moreno, et al., 1993).

A fines del Pérmico, la región es afectada por un evento magmático relacionado a subducción representado por los troncos de Aldama y Carrizalillo que forman parte de un arco magmático continental Permo-Triásico que afectó la región noreste de México y representa el inicio de la tectónica Cordillerana (Torres, et al., 1993).

A consecuencia de la colisión continental y el inicio del magmatismo, la región es levantada durante el Triásico y forma parte de la plataforma de Aldama, siendo sometida a intensa erosión, al mismo tiempo la parte central de la carta es afectada por una tectónica transpresiva a consecuencia del rompimiento continental de la Pangea (Stewart, 1988) formando fosas tectónicas donde se depositan los lechos rojos de la Formación Carrizalillo (C.R.M., 1994).

En el Jurásico Superior el hundimiento progresivo a lo largo de fallas transpresivas NW-SE, relacionadas a la apertura del Golfo de México, dá origen a la Cuenca de Chihuahua y al mismo tiempo, hacia el suroeste de la región, se desarrolla el sistema de fallas transcurrentes Mojave-Sonora con movimiento siniestral (Anderson y Silver, 1979; Stevens, et al., 1992) que limitan el margen sur pasivo del cratón de Norteamérica.

La Cuenca de Chihuahua estuvo limitada por bloques positivos, como las plataformas de Aldama al poniente, la de Florida-Moyotes al norte, la del Diablo al nororiente y la Isla de Coahuila al suroriente, y fue invadida por las aguas marinas desde el sureste, a partir del ancestral Golfo de México (Handschy, et al., 1987; Dyer, et al., 1988).

La interacción entre una tectónica transpresiva y los elementos paleogeográficos positivos y negativos controlaron la sedimentación mesozoica en toda la región (Longoria, 1985; Padilla y Sánchez, 1986; Vélez, 1990) y provocaron varias fases transgresivas y regresivas evidentes en el registro estratigráfico por la presencia de lechos rojos, evaporitas, sedimentos mixtos, de cuenca y carbonatos de plataforma que en conjunto alcanzan un espesor de más de 7,000 m (Tovar, 1981).

En el Cretácico Superior (Cenomaniano) el inicio de la orogenia Laramide, por aceleramiento en la tasa de subducción de la placa Farallón (Atwater, 1970), provoca el levantamiento de la parte noroccidental de México, ocasionando un cambio brusco en el régimen de sedimentación a sedimentos terrígenos tipo flysch y el inicio de una regresión regional.

Este evento compresivo, el más intenso y extenso del dominio Cordillerano (Coney, 1978), alcanzó su clímax durante el Maestrichtiano-Paleoceno (McDowell y Mauger, 1994), produciendo un intenso plegamiento y

fallamiento inverso a las rocas paleozoicas y mesozoicas favorecido por el deslizamiento sobre los depósitos evaporíticos que sirvieron como superficie de despegue formando pliegues asimétricos con vergencia tanto al NE como al SW (Drewes, 1978) dando por resultado el levantamiento de toda la región implicando también al basamento como en el levantamiento de Plomosas (Hennings, 1994).

En el Terciario Inferior la región es sometida a intensa erosión; se desconoce si hubo actividad volcánica la cual en su caso debió haber sido totalmente erosionada.

La evolución del magmatismo en el norte de México está íntimamente ligada a la actividad tectónica compresiva a extensional como se refleja en algunos modelos magmáticos (Clark, et al., 1982; McDowell y Mauger, 1994).

La actividad volcánica más antigua dentro de la carta se inicia en el período de 34 a 30 Ma con un vulcanismo calcoalcalino con facies alcalinas que representan las rocas más orientales del arco magmático continental durante su progresión hacia el oriente (Clark, et al., op. cit; Price y Henry, 1984). Durante este intervalo se tiene la emisión de grandes volúmenes de ignimbritas riolíticas y andesitas basálticas asociadas a las calderas de Pastorías y Santo Domingo dentro de un régimen compresivo moderado (Price y Henry, op cit.).

Las calderas de 30 a 27.5 Ma se formaron al inicio de la extensión y marcan el final del vulcanismo riolítico por consumo de la placa Farallón (Coney, 1978). Durante este periodo fueron emitidas grandes cantidades de riolitas metaluminosas y peralcalinas en la región de San Carlos (Gunderson, et al., 1986). Todo este vulcanismo félsico calcoalcalino estuvo asociado a un plutonismo comagmático y una intensa actividad hidrotermal con mineralización económica (McDowell y Mauger, 1994).

Estudios isotópicos y de elementos traza indican que las rocas volcánicas félsicas calcoalcalinas de la región fueron derivadas a partir de la cristalización fraccionada de magmas basálticos con asimilación de corteza continental (Cameron, et al., 1980; Moll, 1981; Gunderson, et al., 1986; James y Henry, 1993).

A fines del Oligoceno (24 Ma) se inicia el fallamiento normal de Cuencas y Sierras que comprende hasta los 17 Ma y fue acompañado por un vulcanismo basáltico alcalino intraplaca fuera de la carta (Henry y Price, 1986). Este fallamiento fue el causante de la actual morfología de la región.

Hace 10 Ma se produce una reorganización en el límite de las placas tectónicas el cual provoca un cambio en los esfuerzos de ENE a NNW que es el que rige actualmente en toda la región (Henry y Price, op. cit.).

A fines del Plioceno se produce una nueva actividad tectónica acompañada de vulcanismo basáltico alcalino (Cameron, et al., 1992).

Áreas con potencial geológico para exploración minera

La compleja evolución tectónica que ha sufrido la región ha dado por resultado la presencia de tres tipos de terrenos

tectonoestratigráficos cuyo basamento ha influido en la distribución y volumen de los yacimientos minerales de la región como lo sugieren los estudios isotópicos que indican una provincia noroeste con basamento cratónico y otra provincia sureste con basamento acrecionado, predominantemente fanerozoico, separadas por la traza sepultada del cinturón orogénico Ouachita, que constituye una zona de sutura (James y Henry, 1993).

El yacimiento de mayor volumen de la región (Santa Eulalia), está relacionado espacialmente a una estructura de caldera con basamento cratónico; la zona que reúne condiciones geológicas similares es el extremo noroeste de la carta, sin embargo, las únicas evidencias de mineralización están relacionadas a intrusiones graníticas y no a calderas.

El cinturón orogénico Ouachita constituye una zona estructuralmente favorable para el emplazamiento de mineralización, sin embargo, no se conoce su ubicación exacta por estar cubierta por rocas mesozoicas y cenozoicas.

En el sector noreste de la carta, una estructura circular de 30 Km con afloramiento de intrusiones graníticas en la parte central y en su borde poniente, afectada por el fallamiento de Cuencas y Sierras, constituye un blanco de exploración minera ya sea que se trate de una caldera bastante erosionada o una estructura dómica producida por un gran cuerpo intrusivo a profundidad, del cual sólo afloran pequeños apófisis en el Cerro El Centinela y Pico Duro.

El sector sureste de la carta, tiene potencial para contener mineralización ferrífera asociada a intrusivos subvolcánicos similares al de La Negra.

El campo volcánico del extremo noreste tiene potencial para contener mineralización hidrotermal de Ag, Au, Pb, Zn, Cu en rocas volcánicas y subvolcánicas asociadas a estructuras de calderas.

CAPÍTULO III.- DISCUSIÓN DE LA INTERPRETACIÓN REGIONAL

La información aeromagnética contenida en la carta Ciudad Delicias H13-11, escala 1:250 000, tiene un alcance de tipo regional debido a la escala del mapa, en donde a partir de los datos aeromagnéticos se interpretaron indirectamente rasgos geológicos del subsuelo, infiriendo la distribución y naturaleza de las rocas ocultas, tales como intrusivos, rocas sedimentarias y metamórficas, rocas volcánicas, fallas profundas y controles estructurales favorables para la presencia de depósitos minerales; rasgos obtenidos en base al contraste de susceptibilidad magnética de los materiales del subsuelo, originado éste por la composición mineralógica de las rocas.

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

Para obtener una información con más detalle de áreas específicas de interés seleccionadas de esta carta, resulta necesario llevar a cabo una

interpretación cuantitativa, realizando cálculos y modelados que proporcionen datos de profundidad a la cima de los cuerpos magnéticos y espesores de las unidades más importantes, trabajando a escalas 1:50 000 ó 1:20 000, seleccionando sucesivamente áreas más reducidas en las cuales habrá que realizar trabajos de campo geológicos, geoquímicos y geofísicos a detalle.

Dominios Magnéticos

En la carta Ciudad Delicias H13-11 se identificaron cinco dominios magnéticos indicados con las letras A_1, A_2, B_1, B_2 y C, diferenciadas de acuerdo a su intensidad de magnetización, gradiente magnético y amplitud dipolar (Figura 2).

El dominio A_1 se atribuye a rocas intrusivas de composición félsica a intermedia y se caracteriza por su respuesta de monopolos y dipolos magnéticos, presenta una intensidad que varía de -180 a +260 nT (nanoteslas).

Este tipo de dominio magnético se detectó en seis localidades, ubicados de la siguiente manera: 3 en la porción poniente y 3 más en el cuadrante nororiente de la carta, ambos se describen a continuación:

Al noreste del poblado de Aquiles Serdán, en la porción poniente de la carta, el dominio magnético A_1 que se detectó se correlaciona con el distrito minero de Santa Eulalia, en donde se tiene reconocido un grueso paquete sedimentario explorado verticalmente hasta una profundidad de 1300 m. La anomalía se interpreta como la respuesta de un cuerpo intrusivo profundo, posiblemente relacionado con la generación de félsitas, las cuales a su vez están íntimamente asociadas con la mineralización (Megaw, 1990).

El dominio magnético A_1 que se detectó al poniente de Aldama, se correlaciona en superficie con el afloramiento de un pequeño cuerpo intrusivo granítico terciario emplazado en rocas sedimentarias paleozoicas (INEGI, 1984), definiéndose el comportamiento a profundidad del intrusivo félsico.

También en la porción poniente de la carta, al oeste del poblado Horcasitas, se detectó otro domino magnético A_1, el cual se correlaciona superficialmente con rocas volcánicas ácidas. Se interpreta como la repuesta de un cuerpo intrusivo de composición félsica, el cual continúa hacia el poniente en la Hoja Chihuahua H13-10.

Este dominio se considera de interés para exploración, debido a que el cuerpo interpretado pudiera estar relacionado con la caldera de Pastorías (ya que se ubica en el extremo sur poniente de dicha caldera), teniendo como limitante el espesor de las rocas volcánicas oligocénicas (Megaw, 1981)

En la porción oriente de la carta se definieron tres dominios magnéticos A_1, el de mayor extensión se localiza al sureste de la Sierra El Virulento, presenta un notorio alargamiento en dirección norte-sur y se correlaciona en superficie con la Formación El Ranchito, constituida principalmente de tobas y lavas de composición dacítica a riolítica (Gunderson, et, al., 1986). La respuesta de este domino magnético puede corresponder a un cuerpo subvolcánico asociado a las rocas volcánicas aflorantes, ya que se ubica en el borde

sur de una probable estructura de caldera (Gunderson, et al., op. cit.)

El dominio magnético A_1 localizado al sur del Rancho El Tepopote se correlaciona superficialmente con rocas volcánicas félsicas principalmente. Al noroeste de este dominio se encuentran las zonas mineralizadas de Presón y Leones, en donde se tienen identificados cuerpos intrusivos hipabisales de composición granítico-riolítica (Padilla, et al., 1995), infiriéndose que la respuesta del dominio detectado corresponde a un cuerpo similar.

En las inmediaciones del Rancho El Trece, se detectó otro dominio magnético A_1, el cual se correlaciona superficialmente con una cubierta de sedimentos clásticos recientes bajo la cual se interpreta la presencia de un cuerpo intrusivo de composición félsica.
El dominio magnético A_2 se atribuye a rocas intrusivas de composición intermedia a máfica y se caracteriza por presentar dipolos y monopolos bien definidos, con intensidades magnéticas que varían de -300 a +360 nT. En la presente carta se detectaron 8 dominios A_2, todos ellos distribuidos dentro de una franja de rumbo NW-SE que se localiza desde el extremo suroriente hasta la porción centro-norte de la carta.

Por la forma y distribución en que se presentan estos dominios en la mayoría de los casos es posible agruparlos en base a su ubicación y características, definiendo con su emplazamiento una posible zona de debilidad profunda.

Hacia la porción centro norte de la carta se presentan dos dominios A_2, los que se correlacionan perfectamente con los intrusivos de Carrizalillo y Chorreras, los cuales a pesar de su proximidad se considera que corresponden a eventos ígneos diferentes, ya que para el primero se le ha estimado una edad de 267 Ma (Torres, et al., 1993), mientras que al tronco de Chorreras se le atribuye una edad Terciaria.

En la respuesta magnética obtenida de estos cuerpos también se observan diferencias ya que el intrusivo de Chorreras presenta mayor intensidad magnética, así como un marcado lineamiento NW indicativo del emplazamiento dentro de una zona de debilidad (Vélez, 1973) y está asociado a mineralización de Ag, Pb, Zn, Fe.

Un grupo de 3 dominios magnéticos A_2 se localiza en la porción centro oriente de la carta, en este caso 2 de los 3 dominios detectados se correlacionan con el afloramiento de los intrusivos El Centinela y Pico Duro, de composición granodiorítica, definiéndose la continuación a profundidad de dichos cuerpos. El tercer dominio A_2 se localiza al SW del intrusivo de El Centinela, en el cerro El Cubano y de acuerdo con INEGI (1984), se correlaciona en superficie con rocas volcánicas ácidas; la respuesta magnética de este dominio se interpreta como un cuerpo intrusivo de composición similar al de El Centinela. A profundidad estos cuerpos intrusivos formalizan en uno solo (Figura 4), que dió origen a la estructura dómica El Anteojo.

Al norponiente del distrito minero de La Perla se detectó un dominio magnético A_2, el cual se correlaciona en superficie

con tobas riolíticas, riolitas sódicas y traquitas de la Sierra de Mesteñas (C.R.M., 1994). Esta anomalía se interpreta como la respuesta de un cuerpo intrusivo máfico, cogenético con las rocas volcánicas y la mineralización ferrífera del distrito.

Siguiendo un lineamiento en dirección suroriente, se localiza otro domino magnético A_2, el cual se correlaciona con el tronco cuarzomonzonítico de La Negra (C.R.M.,1994), la respuesta magnética permitió definir el comportamiento a profundidad del cuerpo intrusivo, indicando un buzamiento hacia el suroriente.

Un dominio magnético A_2 de pequeñas dimensiones se detectó al norte de la zona mineralizada de La Negra, se correlaciona en superficie con rocas volcánicas félsicas que conforman la Sierra García. Se interpreta como la respuesta de un intrusivo de composición máfica bajo la cubierta volcánica.

El dominio magnético B_1 se atribuye a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia y está representado por altos, bajos y distorsiones magnéticas irregulares, con intensidades que varían de -340 a -20 nT.

Este dominio se presenta ampliamente distribuido en la carta y se correlaciona en superficie con rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, así como con sedimentos clásticos recientes.

La respuesta magnética de este dominio es producto de la extensa cubierta volcánica presente en la zona, consistente de andesitas, dacitas y tobas riolíticas, así como derrames de fisura que ascendieron a lo largo de fallas o fracturas paralelas y fueron cubiertas por espesores variables de sedimentos clásticos continentales.

El dominio magnético B_2 se atribuye a rocas volcánicas de composición intermedia a máfica y se caracteriza por presentar altos gradientes, así como un agrupamiento de anomalías dipolares y monopolares de alta intensidad distribuidos en forma caótica, con intensidades magnéticas que varían de -460 a +360 nT.

El dominio B_2 se encuentra distribuido en toda la carta, sin embargo hacia los extremos oriente y poniente es en donde se detectaron con mayor amplitud. En la mayoría de los casos se caracteriza por presentar un lineamiento de rumbo NW-SE.

En la porción oriente de la carta, el dominio B_2 se correlaciona, al norte con una secuencia de riolitas, tobas riolíticas, dacitas, basaltos y andesitas basálticas que constituyen el campo volcánico de Pozos-Benavides (Gunderson, et al., 1986). Este mismo dominio magnético en su porción sur se correlaciona con riolitas y riodacitas porfiríticas de la Formación La Perla (Van Allen, et al., 1978), así como con rocas ígneas extrusivas de composición félsica a intermedia en la región de La Negra.

En la porción poniente de la carta, el domino B_2 se presenta con mayor amplitud y se correlaciona en superficie con rocas volcánicas de composición intermedia a máfica, posiblemente asociadas a la caldera de Pastorías (al poniente del poblado de Aquiles

Serdán), así como al afloramiento de basaltos al oeste y sur del poblado de Lázaro Cárdenas.

El dominio magnético C se caracteriza por presentar distorsiones magnéticas suaves, que constituyen zonas de bajo gradiente, con intensidades que varían de -240 a 0.0 nT. Se atribuye su respuesta a rocas sedimentarias y material de relleno. Este dominio se detectó principalmente en la porción norponiente y norte de la carta.

El dominio C que se localiza en la esquina norponiente de la carta se correlaciona principalmente con las rocas premesozoicas y mesozoicas que constituyen la Sierra del Cuervo al norponiente de Aldama (Handschy, et al., 1987). Este dominio se continúa hacia el oriente y sur de Aldama, correlacionándose en superficie con calizas cretácicas y sedimentos clásticos recientes.

Hacia la porción norte de la carta, el dominio C identificado se correlaciona parcialmente con la unidad de rocas sedimentarias jurásicas, así como con rocas paleozoicas en la zona de El Carrizalillo. Este dominio magnético se extiende hacia el sur en donde se correlaciona con las Sierras de Chorreras, Roque y La Amargosa, constituidas por sedimentos cretácicos

El dominio magnético C que se localiza en el extremo surponiente de la carta, se correlaciona en superficie con el afloramiento de rocas sedimentarias, las cuales se encuentran limitadas al norte y oriente por lineamientos magnéticos, indicando un posible bloque levantado, en la respuesta magnética se manifiesta una tendencia circular que parece reflejar la presencia de un cuerpo intrusivo a profundidad, el cual no se indica en la carta debido a que la intensidad magnética que presenta es muy baja. Superficialmente existen evidencias de mineralización de Ag y Mn (C.R.M., 1994).

Lineamientos y curvolineamientos magnéticos

En la carta magnética Ciudad Delicias H13-11 se observan principalmente tres sistemas de lineamientos magnéticos, los cuales presentan rumbos generales NW-SE, NE-SW y N-S. Se interpretan como la respuesta de fallas de origen profundo, cuya manifestación superficial en muchos casos no es evidente.

Los lineamientos que se presentan más ampliamente distribuidos en la carta son los de rumbo N 10° - 30° W, los cuales llegan a definirse con una longitud de 80 Km o más principalmente en la porción central de la carta. Estos lineamientos corresponden en general con la dirección del evento extensional de Cuencas y Sierras.

En la porción suroriente de la carta se observa un marcado paralelismo entre los lineamientos magnéticos de rumbo NW-SE y algunos yacimientos ferríferos como sucede con la mineralización de La Perla, La Negra y Hércules (este último fuera de la presente carta), asociados a cuerpos intrusivos interpretados en los dominios A_2, esto sugiere que dichos cuerpos se emplazaron en zonas de debilidad con una dirección preferencial NW-SE, producto de una tectónica transcurrente (Vélez, 1990).

Esta tendencia NW se continua con el emplazamiento del intrusivo El Centinela, prolongándose hasta la zona de Chorreras en la porción norte de la carta, en donde el emplazamiento ígneo parece haber tenido lugar en las partes más fracturadas o débiles de la cubierta sedimentaria (Vélez, 1973).

Un caso particular de los lineamientos NW-SE se presenta al nororiente de La Perla, en donde se observan dos lineamientos paralelos que definen una zona de depresión magnética en una longitud de 30 Km y un ancho promedio de 10 Km, con valores de hasta -460 nT, la depresión magnética referida se interpreta como una fosa tectónica.

Por otra parte, en la porción noroeste de la carta, se observa como los lineamientos NW presentan cierta curvatura, siguiendo burdamente el límite del dominio magnético C, en dicho dominio afloran rocas precámbricas pertenecientes al cratón de Norteamérica, por lo que se infiere que el curvamiento de los lineamientos es el resultado de los esfuerzos compresivos y distensivos de unidades menos consistentes sobre un contrafuerte representado por las rocas del cratón. En esta misma zona, lineamientos N10° - 20°W son paralelos a la traza de la falla de Juárez (Eguiluz, 1984) y parecen cortar a los lineamientos magnéticos N40° - 50°W.

Los lineamientos de rumbo NE-SW se observan distribuidos en toda la carta, de estos lineamientos el más relevante se detectó en la porción oriente de la carta, presentando una longitud aproximada de 70 Km y aparentemente constituye el límite occidental de una provincia ferrífera que se extiende hacia el oriente.

Estos lineamientos NE-SW no se asocian superficialmente con fallas conspicuas, sino que parecen reflejar fracturas profundas y bloques levantados del basamento (Figura 4).

Por otra parte se interpretaron 3 curvolineamientos, uno en la porción centro poniente de la carta, asociado superficialmente a rocas volcánicas oligocénicas y pequeñas estructuras circulares. A profundidad corresponde con el borde de un cuerpo magnético profundo (Figura 4).

Los otros 2 curvolineamientos se ubican en el sector centro oriente de la carta y se correlacionan espacialmente a la estructura dómica El Anteojo y a un cuerpo intrusivo a profundidad (Figura 4).

Mapa de reducción al polo y continuación ascendente del campo magnético a 4000 m s.n.t.

Con la finalidad de apoyar la interpretación de la información aeromagnética, se realizaron los procesos analíticos de reducción al polo (Figura 3) y continuación ascendente del campo magnético a 4000 m s.n.t. (Figura 4).

La reducción al polo permite convertir el campo magnético de una latitud magnética donde el campo de la tierra es inclinado, al campo en un polo magnético, donde el campo inducido es vertical, obteniendose en la mayoría de los casos respuestas monopolares ubicadas directamente sobre sus

fuentes, simplificando ampliamente la interpretación.

El proceso de continuación ascendente del campo magnético consiste en filtrar del mapa magnético las altas frecuencias correspondientes a las unidades geológicas más superficiales, lo que permite visualizar las respuestas magnéticas de baja frecuencia correlacionables con las estructuras geológicas profundas.

En el mapa de continuación ascendente del campo magnético a 4000 m s.n.t., se definió el comportamiento a profundidad de los cuerpos intrusivos interpretados, obteniéndose en la mayoría de los casos una clara respuesta de su continuación a profundidad; En otros casos los cuerpos interpretados se reflejan como jalones o distorsiones magnéticas; sólo en los cuerpos interpretados en la Sierra García y al sur del rancho El Tepopote no se logran visualizar a esta altura de continuación, debido a que se trata de cuerpos de dimensiones pequeñas o son de tipo hipabisal.

Mediante el proceso de continuación de campo fue posible interpretar otro cuerpo intrusivo, el cual se localiza en la porción suroeste de la carta, al poniente de Ciudad Delicias y que no se identificó en el plano de campo total debido al enmascaramiento producido por las rocas volcánicas que afloran en esa localidad.

Zonas prospectivas

Las características geológico-estructurales e isotópicas de los diferentes tipos de yacimientos de la región indican que estos están genéticamente asociados a troncos graníticos individuales y a estructuras de caldera con sus intrusivos y campos volcánicos cogenéticos relacionados, donde el tipo de basamento influyó en la mineralogía de los yacimientos (James y Henry, 1993).

Los dominios magnéticos A_1 y A_2 se interpretan como cuerpos ígneos intrusivos sepultados a profundidad o que afloran parcialmente, algunos de los curvolineamientos interpretados están relacionados a posibles calderas o estructuras dómicas, producto del emplazamiento de troncos graníticos.

De acuerdo a lo anterior, la presencia de estos elementos geofísicos en un marco geológico-estructural apropiado definen zonas prospectivas con diferente grado de interés.

Los dominios magnéticos A_2 de las sierras El Carrizalillo y Chorreras tienen potencial para mineralización, tipo skarn, en las rocas carbonatadas mesozoicas del borde oriental y sur del cuerpo intrusivo que formaliza a profundidad (Figura 4).

Otra zona prospectiva es la estructura dómica El Anteojo, asociada a tres dominios A_2 que a profundidad definen un cuerpo intrusivo de dimensiones batolíticas (Figura 4). Las zonas más favorables son las calizas cretácicas que afloran en los márgenes de esta estructura dómica donde existen evidencias de mineralización tipo skarn y vetas hidrotermales (C.R.M., 1994).

En la zona nororiente de la carta, los dominios magnéticos A_1 interpretados se correlacionan a intrusivos subvolcánicos sepultados asociados a

probables calderas con potencial para contener yacimientos epitermales en las rocas volcánicas y brechas hidrotermales mineralizadas similares a las de los prospectos Presón y Leones.

El dominio A_2 ubicado al norponiente de La Perla, constituye un blanco de exploración ferrífera, donde se interpreta la presencia de un intrusivo subvolcánico mineralizado a profundidad similar al de La Negra, que también está definido por un dominio A_2.

La presencia de un cuerpo magnético interpretado como un cuerpo intrusivo bajo la cubierta de rocas volcánicas de la Sierra Alta, en el sector surponiente, le confiere un potencial de exploración a esta zona, principalmente por los afloramientos cercanos de calizas cretácicas hacia el borde sur de este intrusivo, donde existen evidencias superficiales de mineralización similares a las del distrito de Santa Eulalia.

Se desconoce si este intrusivo interpretado está asociado a un campo volcánico o a una posible caldera, no obstante constituye un elemento importante en el modelo de mineralización regional, sobre todo que se ubica al sur de Santa Eulalia dentro del mismo bloque tectónico.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de localización de la Hoja Ciudad Delicias H13-11.

Figura 2.- Interpretación de la carta magnética de campo total (Hoja Ciudad Delicias).

Figura 3.- Reducción al polo del campo magnético total.

Figura 4.- Reducción al polo y continuación ascendente del campo magnético a 4000 m sobre el nivel del terreno (Hoja Ciudad Delicias).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Araujo, M. J., Chávez, A.J.M., y Estavillo, G.C., 1986, Tectónica y sedimentación del Jurásico-Cretácico de la Cuenca de Chihuahua, norte de México: VIII Convención Geológica Nacional, Resumenes de Trabajos técnicos, p. 16-17.

Atwater, T., 1970, Implications of plate tectonics for the tectonic evolution of western North America: Geological Society of America Bulletin, v. 81, p. 3513-3536.

Briggs, I.C., 1974, Machine contouring using minimun curvature (spline): Geophysics, v. 39 Núm. 1, p. 34-42.

Bridges, L.W., 1965, Estudios geológicos en el estado de Chihuahua. Parte 1. Geología del área de Plomosas, Chihuahua: UNAM. Inst. de Geología, Boletín 74, 143 p.

Blount, J.G., Walker, N.W., and Carlson, W.D., 1988, Geochemistry and U-Pb zircon ages of mid-Proterozoico meta-igneous rocks from Chihuahua, Mexico: Geol. Soc. of America, Abstracts with Programs, v. 20 No. 7, p. A205.

Cameron, K.L., Cameron, M., Bagby, W.C., Moll, E.J., and Drake, R.E., 1980, Petrologic characteristics of mid-tertiary volcanic suites, Chihuahua, Mexico: Geology, v.8, p. 87-91.

Cameron, K.L., Robinson, J.V., Niemeyer, S., Nimz, G.J., Kuentz, D.C., Harmon, R.S., Bohlen, S.R., and Collerson, K.D., 1992, Contrasting styles of pre-Cenozoic and mid-Tertiary crustal evolution in northern Mexico: Evidence from deep crustal xenoliths from La Olivina: Jour. Geophys. Research, v.97, p. 17353-17376.

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

Clark, K.F., Foster, C.T., and Damon, P.E., 1982, Cenozoic mineral deposits and subduction-related magmatic arcs in Mexico: Geological Society of America, Bulletin, v. 93, p. 533-544.

Coney, P.J., 1978, Mesozoic-Cenozoic Cordilleran Plate Tectonics: Geological Society of America, Memoir 152, p. 33-50.

Consejo de Recursos Minerales, 1994, Monografía Geológico-Minera del estado de Chihuahua: SEMIP, Publicación M-14e, 297 p.

Denison, R.E., Burke, W.H. Jr., Hetherington, E.A. Jr. and Otto, J.B., 1971, Basement rock framework of parts of Texas, southern New Mexico, and northern Mexico: in The geologic framework of the Chihuahua Tectonic Belt, Midland, Texas. West Texas Geological Society, p. 1-14.

Detenal, 1979, Carta Topográfica Ciudad Delicias H13–11 escala 1:250 000: S:P.P., 1ª Impresión.

Dyer, R., Chavez, Q.R., and Guthrie, R.S., 1988, Cordilleran orogenic belt of northern Chihuahua, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 72, p. 99.

Drewes, H., 1978, The cordilleran orogenic belt between Nevada and Chihuahua: Geological Society of America Bulletin, v. 89, p. 641-651.

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

Goodell, P.C., 1993, Precambrian cratonic crust of west-central Chihuahua the Sierra del Nido block: in III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes. Eds. González, C. y Vega, L. Instituto de Geología, Unison.

Gunderson, R., Cameron, K., and Cameron, M., 1986, Mid –Cenozoic high-K calc-alkalic and alkalic volcanism in eastern Chihuahua, Mexico: Geology and geochemistry of the Benavides-

Pozos area: Geological Society of America Bulletin, v. 97, p. 737-753.

Handschy, J.W., Keller, G.R., and Smith, K.J., 1987, The Ouachita system in northern Mexico: Tectonics, v. 6, p. 323-330.

Henry, C.D., and Price, J.G. 1986, Early Basin and Range development in Trans-Pecos Texas and adjacent Chihuahua: Magmatism and orientation, timing, and style of extension: Journal of Geophysical Research, v. 91, p. 6213-6224.

Hennings, P.H., 1994, Structural transect of the southern Chihuahua Fold Belt between Ojinaga and Aldama, Chihuahua, Mexico: Tectonics, v. 13, p. 1445-1460.

IAGA, División V, Working Group 8 (R.A. Langel, Chairman), 1992, International Geomagnetic Reference Field, Revisión 1991: Geophysics, vol. 57 Núm. 57, p. 956-959.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1995, Espaciomapa Ciudad Delicias Hoja H13-11 escala 1:250 000 1ª Impresión.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1984, Carta Geológica Ciudad Delicias Hoja H13-11 escala 1:250 000. 1ª Impresión.

James, E.W., and Henry, C.D., 1993, Pb isotopes of ore deposits in Trans-Pecos Texas and northeastern Chihuahua, Mexico: basement, igneous, and sedimentary sources of metals: Economic Geology, v.88, p. 934-947.

Lipman, P.W., 1984, The roots of ash flow calderas in western North America: windows into the tops of granitic batholits: Journal of Geophysical Research, v. 89, p. 8801-8841.

Longoria, J.F., 1985, Tectonic transpression in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico: An alternative model: Geology, v. 13, p. 453-456.

Lowe, D.R., 1985, Ouachita trough: Part of a Cambrian failed rift system: Geology, v. 13, p. 790-793.

Mauger, R.L., McDowell, F.W., and Blount, J.G. 1983, Grenville-age Precambrian rocks of the Los Filtros area near Aldama, Chihuahua, Mexico: in Clark, K.F., and Goodell P.C., eds., Geology and mineral resources of north-central Chihuahua. El Paso Geological Society 1983 Field Conference, Guidebook, p. 165-168.

McDowell, F.W., and Clabaugh, S.E., 1979, Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: Geol. Soc. America, Special Paper 180, p. 113-123.

McDowell, F.W., and Mauger, R.L., 1994, K-Ar and U-Pb zircon chronology of Late Cretaceous and Tertiary magmatism in central Chihuahua state, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 106, p. 118-132.

Megaw, P.K.M., 1981, Volcanic rocks of the Sierra Pastorias Caldera area, Chihuahua, Mexico: in Uranium in volcanic and volcaniclastic rocks. Eds. Goodell, P.C. and Waters, A.C. American Assoc. Pet. Geol., Studies in Geology No. 13 p. 189-203.

Megaw, P.K.M., 1990, Mineralization in the Santa Eulalia mining district, Chihuahua, Mexico: in Mexican Silver Deposits, Guidebook Series Volume 6. Ed. Clark, K.F. Society of Economic Geologists, p. 27-39.

Nimz, G.I., Cameron, K.L., Cameron, M., and Morris, S.L., 1986, Petrology of the lower crust and upper mantle beneath southeastern Chihuahua, Mexico: Geofísica Internacional, v. 25, p. 85-116.

Moll, E.J., 1981, Geochemistry and petrology of Mid Tertiary ash flow tuffs from the Sierra El Virulento area, eastern Chihuahua, Mexico: Journal of Geophysical Research, v. 86, p. 10321-10334.

Moreno, F.A., Keller, G.R., and Mickus, K.L., 1993, The extent of the Ouachita continenral margin in northern Mexico: in Ortega., et al., Eds. Proceedings of the first Circum-Pacific and Circum-Atlantic terrane Conference UNAM Instituto de Geología, p. 100-103.

Padilla, P.M.L., Ortíz, H.L.E y De la Fuente, L.F., 1995, Mineralización polimétalica asociada a calderas resurgentes en la zona del Presón y Leones, distrito de Manuel Benavides, estado de Chihuahua: XXI Convención de la AIMMGM, Acapulco, México, 31 p.

Padilla y Sánchez, R.J., 1986, Post-paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role in the evolution of theGulf of Mexico: Geofísica Internacional, v.25 No. 1, p. 157-206.

Price, J.G., and Henry, C.D., 1984, Stress orientations during Oligocene volcanism in Trans-Pecos Texas: Timing the transition from Laramide compresion to Basin and Range tension: Geology, v. 12, p. 238-241.

Quintero, L.O., y Guerrero, J.C., 1985, Una nueva localidad del basamento precámbrico de Chihuahua en el área de Carrizalillo: UNAM, Inst. de Geología, Revista, v. 6, p. 98-99.

Ramírez, M. J. C., y Acevedo, C.F., 1957, Notas sobre la geología de Chihuahua: Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Boletín v.9, p. 583-770.

Ross, C.A., 1979, Late Paleozoic collision of North and South America: Geology, v. 7, p. 41-44.

Rudnick, R.L., and Cameron, K.L., 1991, Age diversity of the deep crust in northern Mexico: Geology, v. 19, p. 1197-1200.

Ruiz, J., Patchett, P.J., and Arculus, R.J., 1988, Nd-Sr isotope composition of lower crustal xenoliths-Evidence for the origin of mid-tertiary felsic volcanics in Mexico: Contrib Mineral Petrol. v. 99, p. 36-43.

Sedlock, R.L., Ortega, G.F., and Speed, R.C., 1993, Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Geol. Soc. of America, Special Paper 278, p. 153.

Stevens, C.H., Stone, P., and Kistler, R.W., 1992, A speculative reconstruction of the middle Paleozoic continental margin of southwestern North America: Tectonics, v. 11, p. 405-419.

Stewart, J.H., 1976, Late Precambrian evolution of North America: Plate tectonic implication: Geology, v. 4, p. 11-15.

Stewart, J.H., 1988, Latest Proterozoic and Paleozoic southern margin of North America and the accretion of Mexico: Geology, v. 16, p. 186-189.

Thomas, W.A., 1991, The Appalachian-Ouachita rifted margin of southeastern North America: Geological Society of America Bulletin, v. 103, p. 415-431.

Torres, V.R., Ruiz, J., Murillo, M.G., Grajales, N.J.M., 1993, The paleozoic magmatism in Mexico; evidences for the shift from circum-atlantic to circum-pacific tectonism: in Ortega, et al., Eds. Proceedings of the first Circum-Pacific and Circum-Atlantic terrane Conference. UNAM, Instituto de Geología, p. 154-155.

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

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

Van Allen, B.R., Campbell, A.R., Lara, Ch.A., McDowell, F., and Smith, D., 1978, Iron ore in Oligocene volcanic rocks, La Perla, Chihuahua, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 10 p. 151.

Vélez, L.J., 1973, Exploración geológico-minera del área Las Chorreras, Mpio. De Aldama, Chih: Tésis Profesional, I.P.N., p. 59, (Inédita)

Vélez, S.D., 1990, Modelo transcurrente en la evolución tectónico-sedimentaria de México: Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín, v. 40 No. 2, p. 1-35.

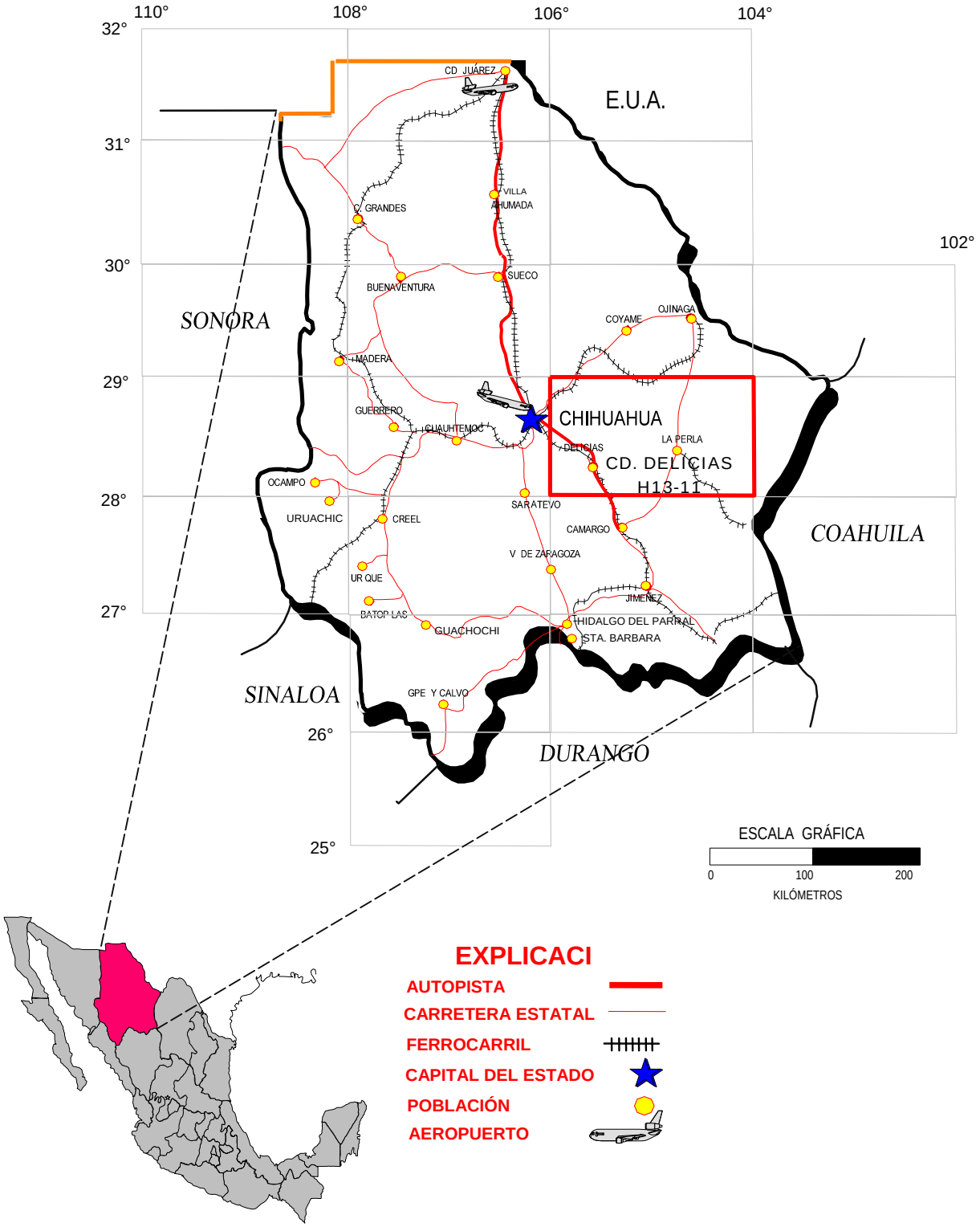
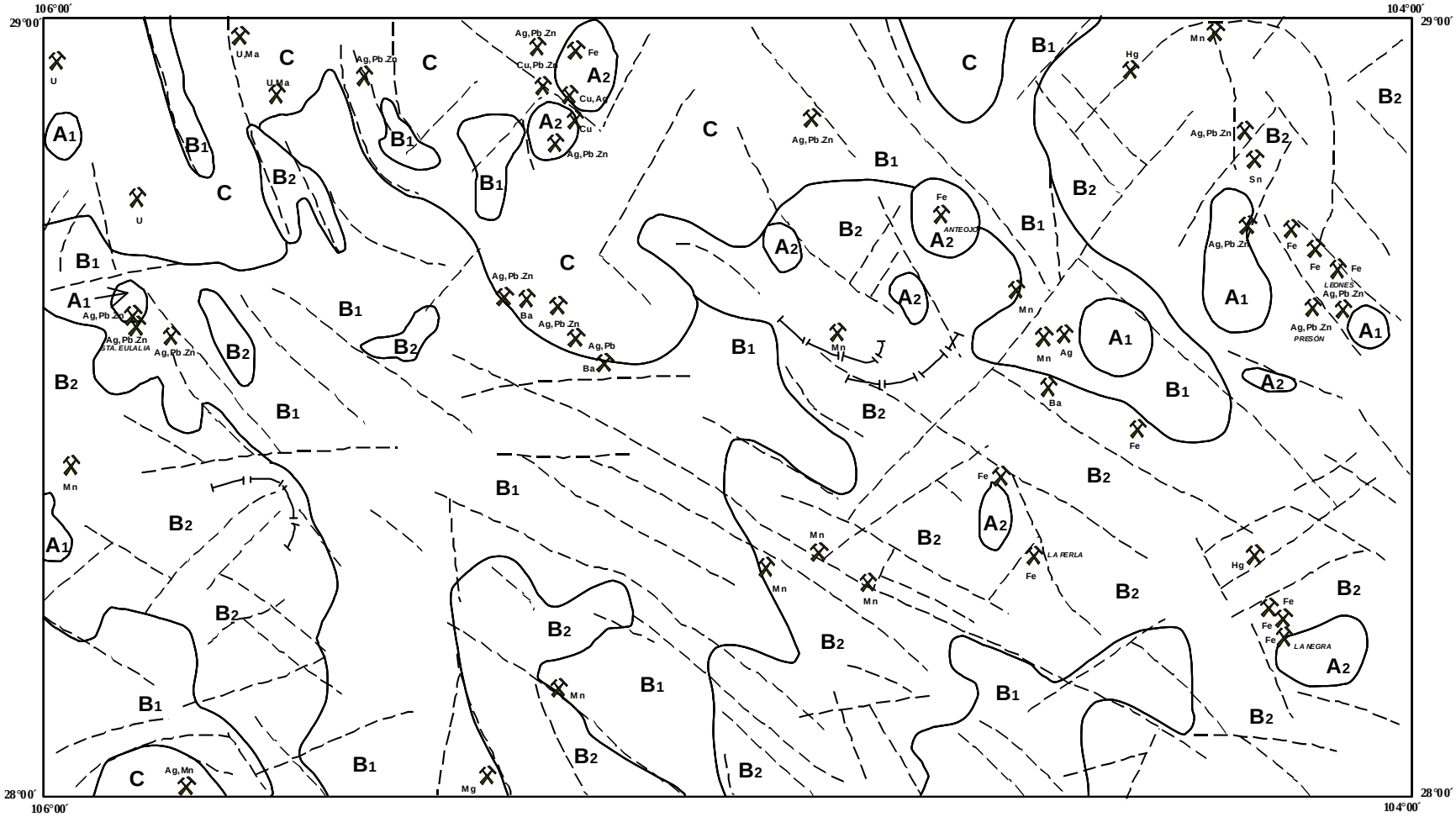


FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACIÓN



DOMINIO MAGNÉTICO

LINEAMIENTO MAGNÉTICO ASOCIADO A FALLAS

CURVOLINEAMIENTOS

LOCALIDAD MINERA

A1.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN FÉLSICA

A2.- CUERPOS INTRUSIVOS DE COMPOSICIÓN INTERMEDIA A MÁFICA

} **ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS**

B1.- ROCAS VOLCÁNICAS DE COMPOSICIÓN FÉLSICA

B2.- ROCAS VOLCÁNICAS DE COMPOSICIÓN INTERMEDIA A MÁFICA

} **ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS**

C.- ROCAS SEDIMENTARIAS

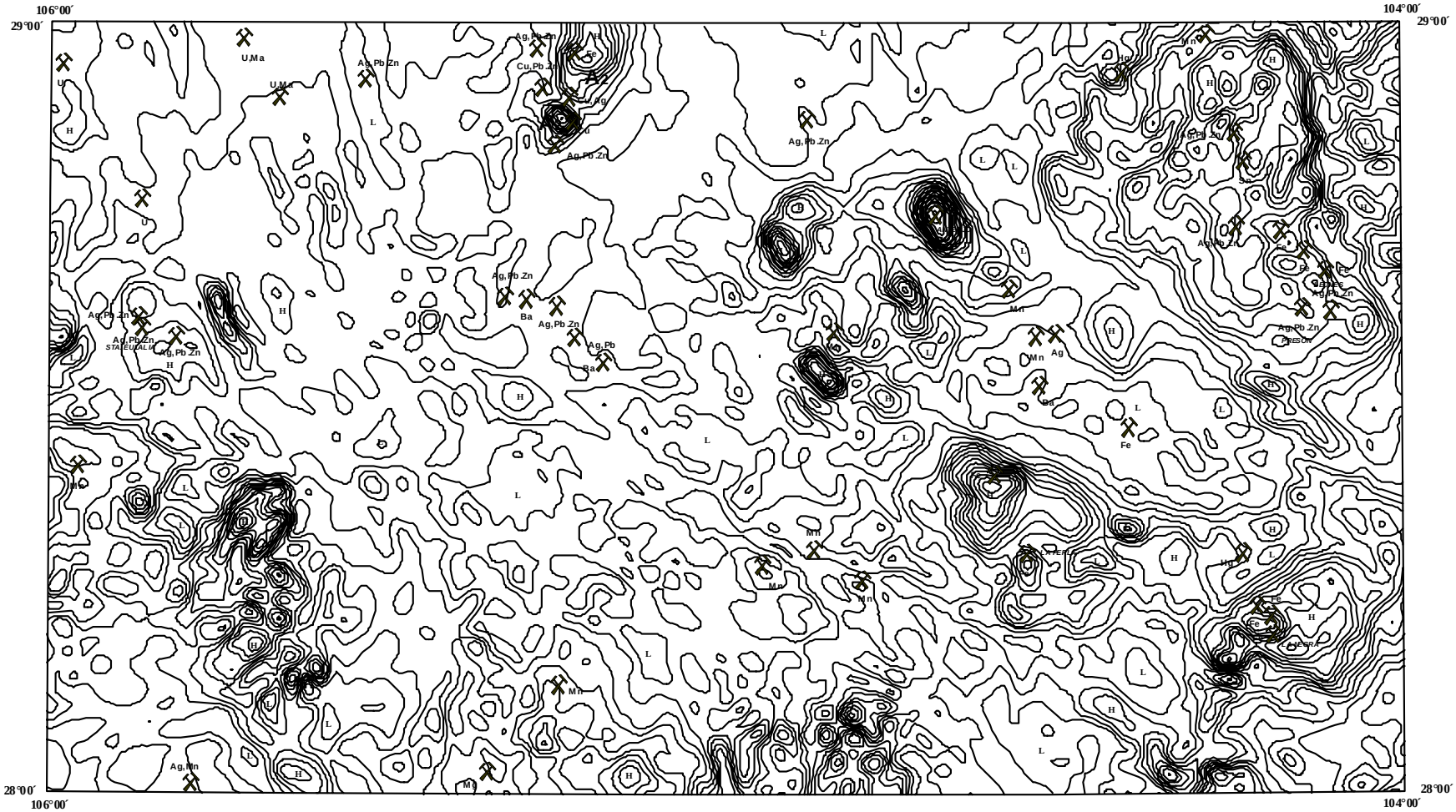
ESCALA GRÁFICA

0 10 20 30 40 50

KILÓMETROS

FIGURA 2.- Interpretación de la Carta Magnética de Campo Total

CIUDAD DELICIAS H13 - 11



CURVAS DE CONTORNO CADA 20 nT.

Escala Gráfica

0 5 10 20 30

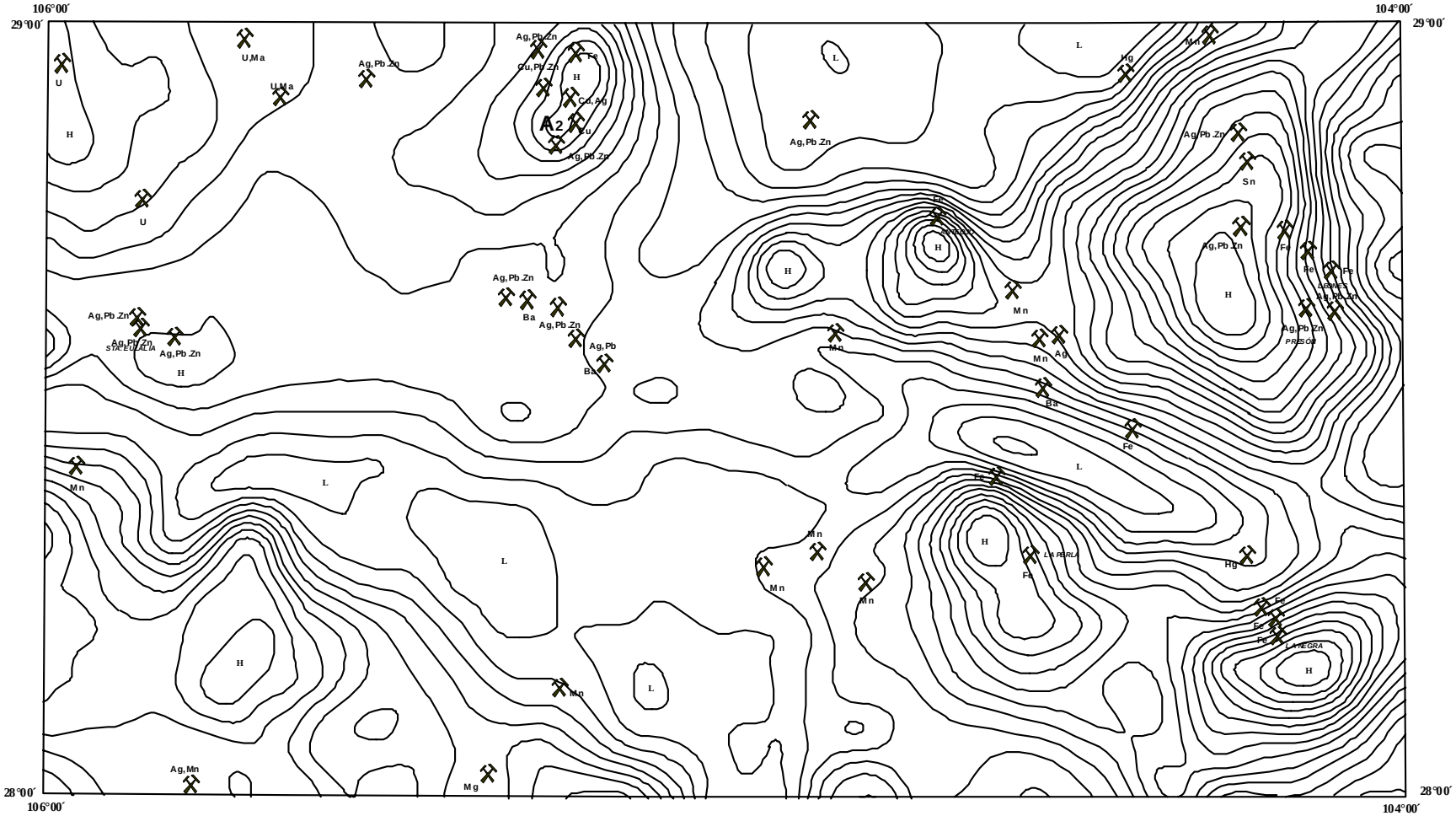
Kilómetros

ALTO MAGNÉTICO (H)

BAJO MAGNÉTICO (L)

CIUDAD DELICIAS H13 - 11

FIGURA 3.- Reducción al polo del Campo Magnético total



CURVAS DE CONTORNO CADA 20 nT.

ALTO MAGNÉTICO (H)

BAJO MAGNÉTICO (L)

Escala Gráfica

0 5 10 20 30

Kilómetros

FIGURA 4.- Reducción al polo y Continuación Ascendente del campo Magnético a 2000 m. Sobre el Nivel del Terreno.

CIUDAD DELICIAS H13 - 11