



Gobierno
FEDERAL



Subdirección de Geología
Gerencia de Geología
Gerencia Regional Norte

SE

CARTA GEOLÓGICO MINERA Y GEOQUÍMICA
LA MADERA H13-D43 ESCALA 1: 50,000
ESTADO DE CHIHUAHUA

Autores:

Ing. José Alejandro Luévano Pinedo

Ing. Sindy Vargas Morales

Chihuahua, Chih., Noviembre de 2009

CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	4
I.1.- Objetivo de estudio	4
I.2.- Trabajos previos	4
I.3.- Método de trabajo	7
II. GEOGRAFÍA	8
II.1. Localización y extensión del área	8
II.2. Acceso y vías de comunicación	8
II.3. Fisiografía	8
III. GEOLOGÍA	12
III.1. MARCO GEOLÓGICO	12
III.2. ESTRATIGRAFÍA	13
Caliza (Kaim Cz) Formación Benigno	13
Caliza – Lutita (Kam Cz-Lu) Formación Walnut	14
Caliza (Kams Cz) Formación Finlay	17
Caliza – Lutita (Kas Cz-Lu) Formación Benevides	18
Caliza (Kasce Cz) Formación Loma de Plata	19
Lutita – Caliza (Kce Lu-Cz) Formación Del Río	19
Caliza (Kce Cz) Formación Buda	20
Lutita –Caliza (Kcet Lu-Cz) Formación Ojinaga	20
Arenisca - Conglomerado polimíctico(Kcm Ar-Cgp) Fm. San Carlos - Picacho	21
Conglomerado polimíctico – Toba riolítica (Tpae Cgp-TR)	22
Ignimbrita-Toba riolítica (To Ig-TR)	24
Pórfido riolítico (To PR)	25
Dacita (To Da)	28
Basalto (To B)	29
Conglomerado polimíctico – Basalto (Tm Cgp-B)	29
Toba riolítica-Ignimbrita (Tm TR-Ig)	30
Grava – Arena (Qho gv-ar)	31
Limo – Arena (Qho lm-ar)	31
Aluvión (Qho al)	32
III.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	32
III.3.1. Interpretación del modelo digital del terreno	32
III.3.2. Interpretación de la imagen de satélite	33
III.3.3. Descripción de estructuras	36
III.3.3.1. Deformación dúctil	36
III.3.3.2. Deformación dúctil – frágil	36
III.3.3.3. Deformación frágil	38
III.4. Tectónica	40
IV. YACIMIENTOS MINERALES	41
IV.1.1. INTRODUCCIÓN	41
IV.1.2. ANTECEDENTES	41
IV.1.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN	42
IV.1.4. INFRAESTRUCTURA GEOLÓGICO-MINERA	42
IV.1.5. DISTRITOS MINEROS/ZONAS/ÁREAS	42

IV.2. YACIMIENTOS MINERALES NO METÁLICOS	75
IV.2.1. INTRODUCCIÓN.....	75
IV.2.2. ANTECEDENTES	75
IV.2.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN	76
IV.2.4. INFRAESTRUCTURA GEOLÓGICO MINERA.....	76
IV.2.5. DISTRITOS MINEROS/ZONAS/ÁREAS.....	76
IV.2.6. BANCOS DE MATERIAL Y ROCA DIMENSIONABLE.....	81
IV.3. ZONAS PROSPECTIVAS	84
V. MODELO DE YACIMIENTOS	84
VI. GEOQUÍMICA	85
VI.1. INTRODUCCIÓN.....	85
VI.2. CONDICIONES AMBIENTALES	85
VI.2.1. Clima y vegetación	85
VI.2.2. Hidrografía.....	87
VI.3. PARAMETROS GEOQUÍMICOS	87
VI.3.1. Muestreo.....	87
VI.3.2. Análisis	89
VI.4. INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA	89
VI.4.1. Estudio de orientación.....	89
VI.4.2. Componentes principales.....	89
VI.4.3. Interpretación de los elementos metálicos.....	90
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
VIII. PROBLEMAS NO RESUELTOS.....	101
BIBLIOGRAFÍA	102

ANEXOS

Tabla de relación de muestreo final
 Tabla de yacimientos minerales
 Tabla de resultados petrográficos
 Tabla de análisis químico
 Tabla de datos estructurales
 Tabla de roca dimensionable y bancos de material
 Resultados de análisis petrográficos
 Resultados de análisis de esquirlas
 Resultados de análisis de difracción de rayos x
 Resultados de análisis de pruebas físicas
 Resultados de análisis geoquímicos

RESUMEN

La carta La Madera se ubica en la porción noreste del estado de Chihuahua, a 170 km en línea recta al N 73° E con respecto a la capital del estado; queda comprendida dentro de la jurisdicción de los municipios de Manuel Benavides y Ojinaga, cubre una superficie de 898 km². Está delimitada por las coordenadas geográficas 29° 00' a 29° 15' de latitud norte y 104° 00' a 104° 20' de longitud oeste. Los accesos incluyen una carretera de primer orden, siendo esta la carretera federal No 16 en su tramo Chihuahua–Ojinaga, en el km 195 entronca la carretera estatal No. 67, que conduce a la cabecera municipal de Manuel Benavides (San Carlos), con una distancia de 59 km, el recorrido total desde la ciudad de Chihuahua es de 212 km.

Se ubica dentro de la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras caracterizada por la presencia de sierras anticlinales, formadas por calizas cretácicas, generalmente alineadas en dirección NW–SE, separadas por amplios valles y cuencas estructurales rellenas de material aluvial. La máxima elevación se localiza en la porción centro norte de la carta, en la sierra Rica, alcanzando los 2,400 msnm, en tanto que la mínima cota que se registra es de 1,000 msnm, localizada en la parte noroeste, en las inmediaciones de las rancherías El Presón y El Milpillás. La red hidrográfica se caracteriza por presentar un sistema de tipo dendrítico, paralelo y subparalelo.

Tectonoestratigráficamente la carta se ubica en el contexto del terreno Chihuahua, algunos investigadores han postulado el basamento de la región como una extensión hacia el sur del cratón de Norteamérica, cuyo basamento es Precámbrico, constituido por un gneis granítico, documentado en dos pozos con profundidades de 4 a 5 km realizados por Pemex, en las localidades sierra El Cuervo y rancho El Carrizalillo. En la primera localidad consiste de un afloramiento de rocas meta-plutónicas intrusionadas por diques de anfíbolitas y pegmatita, dentro de un flysch pérmico, la segunda localidad es un pequeño afloramiento de un gneis de anfíbolita.

La base de la columna estratigráfica está representada por la Formación Benigno (Kaim Cz), representada por una alternancia de caliza nodular y marga de color gris claro a gris oscuro, estratificación mediana a gruesa de 0.30 a 3.00 m, es suprayacida, transicional y concordantemente, por la Formación Walnut (Kam Cz-Lu), constituida por caliza de estratificación mediana a gruesa, con nódulos de pedernal, textura rugosa, fétida, con karsticidad y abundantes pelecípodos, con estratos de 2.0 m de espesor e intercalación de lutita laminar, le sobreyace, concordantemente, la Formación Finlay (Kams Cz), la cual corresponde a una caliza masiva de color blanco, de textura rugosa, sacaroide y kárstica, estratificación de 2.0 m de espesor, con intercalaciones de horizontes arcillosos, presenta grietas de tensión derivadas de la distensión laramídica, esta a su vez es cubierta, concordantemente, por la Formación Benevides (Kas Cz-Lu), constituida por alternancia de caliza arcillosa, en capas delgadas a laminares, ocasionalmente con horizontes arenosos, con espesores de 0.10 a 0.30 m, se caracteriza por su contenido faunístico de amonitas, gasterópodos y pelecípodos. El Cretácico superior se caracteriza por grandes depósitos de terrígenos, de facies flysch, con zonas aisladas de carbonatos subordinados, representado por las formaciones Loma de Plata (Kasce Cz), consiste de caliza gris, con espesor de 0.5 a 2.0 m, textura rugosa y kárstica, con nódulos de pedernal y hierro, con abundantes gasterópodos, rudistas, miliólidos y bioclastos, ésta a su vez infrayace, transicional y concordantemente, a la Formación Del Río (Kce Lu-Cz), conformada de una alternancia de lutita calcárea deleznable y caliza de color gris, de estratos delgados a laminares, se le intercala una arenisca de color amarillo con un alto contenido de turrítelas. Esta unidad presenta metamorfismo dinámico predominando un fracturamiento astilloso y de lápiz, es cubierta, concordantemente, por la Formación Buda (Kce Cz), representada por caliza de grano fino de color gris, con nódulos ferruginosos, en estratos delgados a medianos de 0.2 a 0.6 m de espesor, es cubierta, de forma concordante y transicionalmente, por la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Cz), constituida por una alternancia calcárea arcillosa de estratificación delgada, con abundante fauna de *Inoceramus labiatus*, amonitas y globigerínidos, con intercalaciones de marga arcillosa y lutita negra en estratos delgados a laminares. La cubre, discordantemente, la Formación San Carlos-Picacho (Kcm Ar-Cgp), representada por un paquete de arenisca de grano fino a grueso, constituida principalmente por cuarzo, se presenta bien clasificada y gradada, con estructuras primarias y estratificación cruzada, la cual contiene madera y huesos fosilizados, se alterna con lentes y horizontes de conglomerado polimíctico, de color café que interperiza a color verde amarillento, se alterna con lutita y lutita calcárea de color gris a negro, con fracturamiento astilloso y de lápiz, afectadas por una serie de diques de composición félsica a intermedia. El vulcanismo del Terciario, dentro de la carta, comienza con la depositación de una sucesión de toba arenosa de composición riolítica, color crema a gris, estructura compacta, con abundantes líticos de riolita y en menor proporción andesita, la toba consiste de arena volcánica depositada en agua, con abundantes partículas de pómez blanca, por lo regular se presenta como un depósito poroso, débilmente endurecido, corresponde a la

unidad (Tpae Cgp-TR), la cual está cubierta, discordantemente, por una alternancia de ignimbrita de composición félsica, textura piroclástica, con fenocristales de vidrio, plagioclasas, ceniza, cuarzo y feldespatos alterados con presencia de pómez y una toba color rosáceo a blanco de composición félsica (To Ig-TR), pseudoestratificada, sobre algunos horizontes se observan concreciones de toba riolítica rodeando a la ignimbrita, está afectada por una roca hipabisal de composición félsica, compacta, textura porfídica, color gris claro, café y rojizo, demasiado alterada, con mineralogía de cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos, en una matriz cuarzo-feldespática de grano fino, que corresponde a la unidad (To PR), ésta a su vez está cubierta, concordantemente, por un conjunto de rocas fundidas emitidas por una erupción volcánica como coladas o como piroclastos, su composición varía entre andesita, traquita y riolita, corresponde a la unidad (To Da), está cubierta, discordantemente, por una roca ígnea extrusiva de composición máfica, que se presenta en forma de lacolito y diques (To B) y cubierta, discordantemente, por un conglomerado polimíctico alterado, de origen vulcanosedimentario, y basalto (Tm Cgp-B), constituido por clastos de basalto, riolita, caliza y arenisca, lo cubre, concordantemente, un paquete de rocas piroclásticas donde la sucesión volcánica consta de tobas riolíticas, tobas arenosas e ignimbritas, horizontes de tobas vítreas, tobas líticas y brechas. En ciertos sitios la toba consiste de arenas volcánicas depositadas en agua, con abundantes partículas de pómez blanca, por lo regular se presenta como un depósito poroso, débilmente endurecido, que ocurre en capas de 10 a 40 cm de espesor, corresponde a la unidad (Tm TR-Ig). Las secuencias anteriores están cubiertas, discordantemente, por depósitos de relleno de fosa, tipo Báucarit, representados por conglomerado polimíctico con alternancia de niveles de basalto (Tm Cgp-B). Hacia las partes bajas de las sierras y en los valles fueron depositadas unidades recientes correspondientes al Cuaternario Holoceno las cuales están constituidas por grava-arena (Qho gv-ar), limo-arena (Qho lm-ar) y aluvión (Qho al).

Las estructuras más notables que se observan dentro de la carta se atribuyen a un régimen compresivo-distensivo de esfuerzos. El compresivo generó anticlinales y sinclinales de rumbo general NW-SE, cabalgaduras que sobreponen las formaciones del Cretácico inferior a las del Cretácico superior. Como consecuencia del régimen distensivo se generan fallas de tipo normal.

La historia tectónica, dentro de la carta, inicia con el megaciclo Albiano–Cenomaniano que consiste de un potente espesor de carbonatos, interrumpido por quiebres arcillo-calcáreos e incluye a las formaciones Benigno, Walnut, Finlay y Benevides, en un ambiente de plataforma, seguida por los depósitos calcáreo-arcillosos y areno-arcillosos, en un ambiente de inestabilidad tectónica, de las formaciones Loma de Plata, Del Río, Buda, Ojinaga y San Carlos-Picacho en el Cretácico superior, las que inician su deformación en las primeras manifestaciones de la orogenia Laramide. El proceso erosivo se presenta a finales del Maastrichtiano, el cual se prolonga hasta el Paleoceno y culmina a finales del Eoceno, como lo demuestra el depósito de conglomerado polimíctico con intercalaciones de toba riolítica. En el Oligoceno se inician los primeros episodios volcánicos representados dentro de la carta por una fase efusiva de tobas, seguidos por fases explosivas–efusivas, caracterizadas en algunos casos por depósitos de cenizas y finalmente una fase fluidal que da lugar a la depositación de ignimbritas, riolitas, dacitas e ignimbritas vitrocrystalinas que indican el final del vulcanismo calco-alcalino, se encuentran afectadas por un cuerpo subvolcánico de composición riolítica (To PR). En el Mioceno se inicia la etapa distensiva de Sierras y Cuencas, originando, de forma discordante, un depósito de conglomerado polimíctico con intercalaciones de basalto (Tm Cgp-B), asociado a este evento ocurre un vulcanismo representado por derrames de tobas riolíticas e ignimbritas (Tm TR-Ig), los cuales son cubiertos, discordantemente, por depósitos no consolidados del Holoceno constituidos por grava-arena (Qho gv-ar), limo-arena (Qho lm-ar) y aluvión (Qho al).

Dentro de la carta se determinaron tres áreas mineralizadas denominadas Sierra Rica, Los Volcanes y Las Minas. El área mineralizada Sierra Rica se localiza en la porción centro–norte de la carta, con mineralización hidrotermal, presentándose en vetas–falla con orientaciones NW-SE y NE-SW, encajonadas dentro de la Formación Ojinaga, con contenidos de Ag, Pb, Zn, Cu y valores bajos de Au, siendo estos más interesantes en la zona de sulfuros, donde se ubican las obras mineras Dos Amigos, con valores de 0.09 a 2.97 g/t de Au, de 5 a 60 g/t de Ag, de 0.01 a 7.34 % de Pb, de 0.03 a 0.88 % de Zn y 2.77 % de Cu. Los Ingleses, contiene valores de 0.01 a 0.04 g/t de Au, de 76 a 141 g/t de Ag, de 0.94 a 8.05 % de Pb, de 0.19 a 13.78 % de Zn y de 0.19 a 1.13 % de Cu. El área mineralizada Los Volcanes se localiza en la porción suroeste de la carta, caracterizada por contener mineralización de manganeso, plata y oro en yacimientos de forma irregular, de origen epitermal, íntimamente asociados a una serie de estructuras silicificadas (jasperoides), los minerales de mena están constituidos por pirolusita, psilomelano, manganita, romanechita, criptomelano, ramsdellita, basanita, hematita, goethita y magnetita, los minerales de ganga son cuarzo y calcita; destacan las obras mineras La Bonita, con valores de 12.1 a 42.4 % de Mn, 0.20 g/t de Au y de 25 a 88 g/t de Ag; Monclova, con valores de 16.5 a 30.9 % de Mn, de 0.02 a

0.60 g/t de Au y de 33 a 60 g/t de Ag; Los Volcanes, con valores de 29.30 a 34.20 % de Mn y de 65 a 76 g/t de Ag. El área mineralizada Las Minas se localiza en la porción sureste de la carta, se caracteriza por contener una gran cantidad de manifestaciones de mineral in situ, su principal obra minera es Las Minas, que contiene valores de 0.02 g/t de Au y 164 g/t de Ag y las manifestaciones de mineral El Gatún, con valores de 0.26 g/t de Au; El Bronce, con valores de 0.14 a 0.36 g/t de Au; Corralitos, con valores de 0.41 g/t de Au y Magnetita, con valores de 0.30 a 0.53 g/t de Au.

Dentro del área mineralizada Sierra Rica se tienen yacimientos minerales no metálicos de fluorita, identificándose cuatro obras mineras las cuales presentan valores de 71.32 a 84.25 % de CaF_2 , así como también un prospecto de carbón (antracita) emplazado en areniscas de la Formación San Carlos-Picacho, denominado La Negra y 5 manifestaciones de mineral, presentándose en forma de pequeños mantos de carbón dentro de lutitas carbonosas de la Formación Ojinaga. En las porciones este y suroeste se tienen dos importantes manifestaciones de roca dimensionable por mármol, cuyo material cumple con la norma relacionada a materiales para acabados arquitectónicos los cuales pueden ser utilizados para tal uso. Estas manifestaciones tienen potencial atractivo para su extracción. En la porción suroeste de la carta se tiene un depósito de caolín conocido como El Álamo, se caracteriza por presentar un material con diferentes tonalidades que varían de blanco a gris claro, crema y rojizo, ha sido trabajado a baja escala, los valores reportados son de 21.35 a 34.01 % de alúmina y de 44.93 a 48.35 % de sílice.

Con respecto a las zonas prospectivas se han determinado las mismas tres áreas mineralizadas, considerando que las obras mineras existentes son muy superficiales, así mismo existe una gran cantidad de manifestaciones de mineral y alteraciones hidrotermales las que se encuentran relacionadas a anomalías magnéticas, posiblemente asociadas a cuerpos intrusivos sepultados. El estudio de geoquímica realizado en la carta permitió obtener la firma geoquímica del área, corroborando la presencia de yacimientos minerales metálicos, anteriormente explotados en el área de Sierra Rica, y su posible extensión a áreas que al parecer no han sido trabajadas y que pudieran considerarse de interés, sin embargo, es importante mencionar que la situación legal de la superficie de la carta se encuentra denunciada en su gran mayoría.

I.- INTRODUCCIÓN

I.1.- Objetivo de Estudio

Con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general, de manera más completa y eficiente el servicio de información geológico-minera de nuestro país, el Servicio Geológico Mexicano instituyó un programa de infraestructura básica geológico-minera, con el fin de generar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas (31 elementos) y magnéticas, en formato cartográfico 1:50,000 y 1:250,000, con la finalidad de realizar el cubrimiento del territorio nacional.

Este programa se basa en la misión del Servicio Geológico Mexicano, que consiste en generar, interpretar y difundir la infraestructura de información geológico-minera básica de investigación tecnológica que soporte, apoye y motive al sector privado a continuar la exploración y evaluación del potencial minero del país, con menor riesgo, brindándole además la asesoría geológico-minera necesaria para que, de esta forma, se traduzca en un importante detonador de nuevas operaciones mineras.

El objetivo es incentivar y apoyar la inversión en exploración y explotación minera, ofreciéndoles a los capitales nacionales y extranjeros la información geológico-minera básica y de investigación, que aliente la evaluación del potencial minero del país, con mayores elementos y márgenes de confiabilidad, mediante el manejo de un gran volumen de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos, que permitan al usuario conocer, interpretar y seleccionar las características y potencialidad de cada zona. Esta información se sintetiza en cartas especializadas, accesibles al público en planos impresos o de forma digital, que se complementará con información textual.

El presente estudio consistió en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la carta La Madera, clave H13-D43, escala 1:50,000, efectuando estudios de interpretación de imágenes de satélite, modelo digital de elevación, mapeo de unidades litoestratigráficas, zonas de alteración. Paralelamente se realizó un estudio geoquímico de sedimentos activos de arroyo, así como la prospección minera con su respectivo inventario e interpretación correspondiente.

I.2 Trabajos previos

Para la elaboración de la carta La Madera, escala 1:50,000, se analizaron diversos trabajos previos, los cuales involucran las siguientes disciplinas: geología, minería, estructural, estratigrafía, tectónica, dataciones radiométricas y paleontológicas, los cuales son de gran utilidad para la comprensión de la carta (Figura 1).

La recopilación bibliográfica se realizó con la información obtenida a través de varias instituciones como son el SGM, Instituto Politécnico Nacional, Instituto de Geología de la UNAM, Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) e Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI.

En la carta se han realizado varios estudios relacionados con diversos aspectos de la geología. Estos trabajos varían desde cartografía regional y de detalle para prospección minera, hasta investigaciones especializadas y de detalle, cuyos objetivos han sido enfocados a la determinación de las características estratigráficas, estructurales o económicas presentes en las diferentes unidades litológicas que afloran en esta área. En forma sintetizada y en orden cronológico, se enlistan a continuación estos trabajos:

Cantero y Gonzáles, 1946. Realizan el trabajo titulado "Yacimiento carbonífero de Año Nuevo, municipio de Manuel Benavides, estado de Chihuahua", donde concluyen que en la región de Año Nuevo se han localizado dos mantos carboníferos, uno que fue explorado en esa fecha presentando buenas posibilidades para explotarlo. Este manto contiene carbón de buena calidad, semi bituminoso y según los análisis efectuados a partir de 30 m de profundidad, reporta un 65.15% de carbón fijo que produce hasta 6021 calorías por gramo y cuya estructura tiene 1.30 m de espesor.

Alcántara y Camacho, 1977. En su trabajo titulado "Informe final del proyecto carbón, Ojinaga, Chihuahua", concluyen que el área de estudio es un bloque sedimentario en estado de madurez, el cual no ha sido erosionado completamente, debido a que después del tectonismo y vulcanismo terciario quedó

atrapado en una compleja malla de diques y dique estratos.

Paal Exploraciones, S. A. 1981. Realizan el trabajo titulado: "Estudio de geología superficial de reconocimiento y semidetalle para mineral de hierro, prospecto San Carlos, estado de Chihuahua (Pemex), carta La Madera H13-D43 escala 1: 50,000.

Paal Exploraciones, S. A. 1981. Estudio de geología superficial de reconocimiento y semidetalle para mineral de hierro, prospecto San Carlos, estado de Chihuahua (Pemex), carta Manuel Benavides H13-D44 escala 1: 50,000.

Tovar, 1981. Realiza para la asociación mexicana de geólogos petroleros el estudio denominado "Provincias con posibilidades petroleras en el distrito Chihuahua", donde menciona que la cuenca de Ojinaga se formó en la tectogenia Laramide como una fosa al frente de los intensos plegamientos de la cuenca de Chihuahua, abarcando el valle de Ojinaga, teniendo como límite hacia el este y norte al río Bravo, al poniente el frente de la sierra Grande y al sur derrames lávicos terciarios.

En la cuenca se tienen lineamientos de sierras con orientación NW-SE correspondientes a pliegues anticlinales, ligeramente asimétricos y los valles corresponden a sinclinales. El área de estudio tiene una superficie de 2400 km², las rocas generadoras son lutitas negras del Cretácico superior, calizas arcillosas y lutitas del Cretácico inferior y lutitas negras del Jurásico de la cuenca de Chihuahua, que subyacen a los sedimentos arcillosos del Paleozoico de una cuenca marginal (Foreland) que a su vez subyacen al Cretácico. Las rocas almacenadoras son las calizas del Albiano – Cenomaniano, los terrígenos del Cretácico superior y las rocas paleozoicas que puedan subyacer en facies favorables dentro de la cuenca marginal (Foreland).

Salas *et al.*, 1988. Editan y coordinan para el Fondo de Cultura Económica el libro titulado Geología Económica de México, dentro del cual en el capítulo XII menciona a la cuenca de Ojinaga como una localidad donde existe carbón. Generalizando que el área se localiza en el noreste del estado de Chihuahua a 30 km al S 45° E de la población de Ojinaga, ubicada geográficamente en las coordenadas 29° 10' de latitud norte y 104° 10' de longitud oeste, con una superficie aproximada de

150 km². Forma parte de la provincia fisiográfica Sierras y Bolsones con elevaciones topográficas que fluctúan de 900 a 1500 msnm, cuyas sierras tienen una orientación dominante de NW-SE y algunas otras N-S.

En su trabajo divide al bloque sedimentario del área en dos porciones que son adyacentes a rumbo pero con comportamientos estructurales diferentes. En el bloque A queda comprendido el flanco noroeste de Sierra Rica el cual consiste de un pequeño cordón montañoso ligeramente arqueado y orientado norte – noroeste y sur – sureste, con una longitud de 3 km, formado por sedimentos correspondientes a la transición Taylor – Aguja (Maastrichtiano) buzando con echado de 20° al SW en la parte sur y 45° al SW en la parte norte.

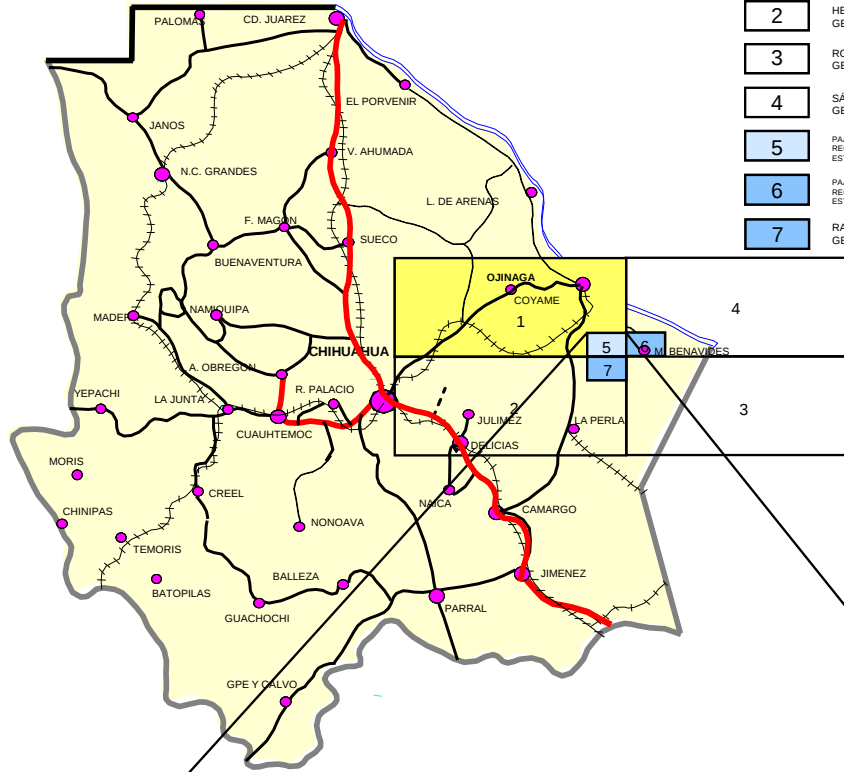
Los mantos de carbón se encuentran en estructuras sinclinales depositados en forma de roca sedimentaria, interestratificados con lutita carbonosa, limolita y arenisca, se presenta en capas lenticulares, cuya distribución es muy regular y su comportamiento estructural está relacionado con el sinclinal que lo contiene.

Torres, 1991. Realiza el trabajo titulado Prospecto Cuervo – Monillas, donde resume que el prospecto queda localizado en la porción centro oriental del estado de Chihuahua, el cual está conformado por dos áreas separadas que cubren una superficie de 1800 m². Paleogeográficamente se ubica en la cuenca de Chihuahua; describiendo además las rocas que afloran en el área que abarcan edades desde el Paleozoico al Cuaternario, y que constituyen la columna estratigráfica del lugar; estructuralmente se observan lineamientos NW – SE, como resultado del evento tectónico Laramide, el cual presenta fallamiento inverso y lateral.

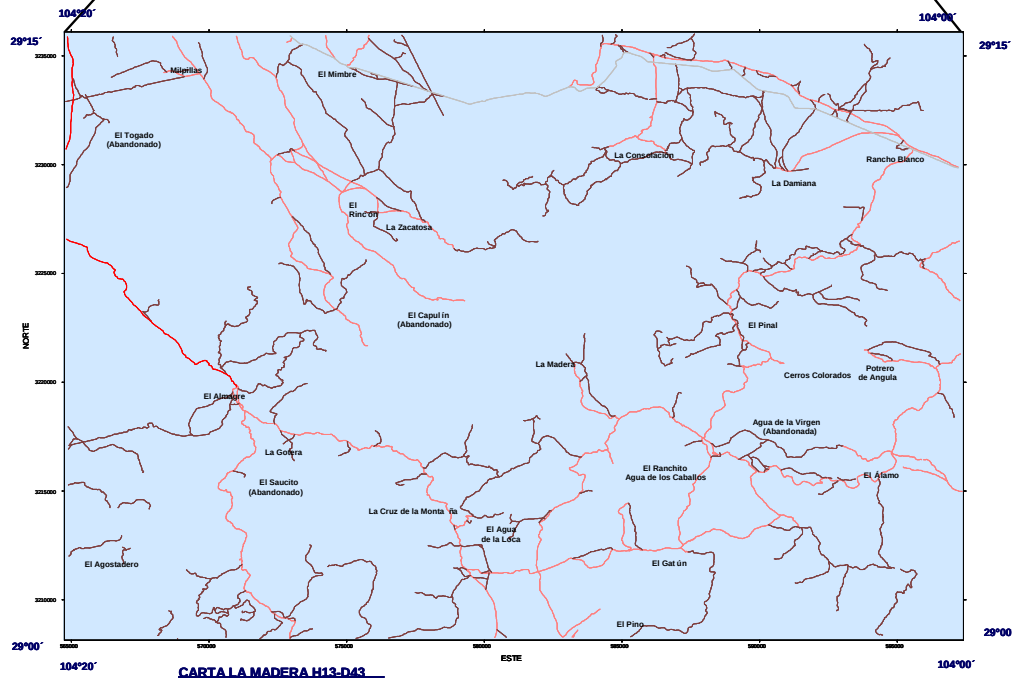
El área está representada por un alto tectónico que posiblemente esté reemplazado por uno o varios cuerpos intrusivos que no alcanzaron a salir a la superficie, en el paquete sedimentario se manifiesta la presencia de mineralización y cierta marmolización en las calizas.

FIGURA 1. TRABAJOS PREVIOS

EXPLICACIÓN



- 1** HERNÁNDEZ, N. L. et al; (CRM, 2002) CARTA GEOLÓGICO MINERA Y GEOQUÍMICA OJINAGA H13-8, ESCALA 1: 250,000.
- 2** HERNÁNDEZ, N. L. et al; (CRM, 2000) CARTA GEOLÓGICO MINERA Y GEOQUÍMICA CIUDAD DELICIAS H13-11, ESCALA 1: 250,000.
- 3** ROMO, R. J. R. et al; (CRM, 2002) CARTA GEOLÓGICO MINERA Y GEOQUÍMICA SAN MIGUEL H13-12, ESCALA 1: 250,000.
- 4** SÁNCHEZ, B. G. et al; (CRM, 2002) CARTA GEOLÓGICO MINERA Y GEOQUÍMICA MANUEL BENAVIDES H13-9, ESCALA 1: 250,000.
- 5** PAAL EXPLORACIONES, S. A. 1981. ESTUDIO DE GEOLOGÍA SUPERFICIAL DE RECONOCIMIENTO Y SEMIDETALLE PARA MINERAL DE HIERRO, PROSPECTO SAN CARLOS ESTADO DE CHIHUAHUA (PEMEX); CARTA LA MADERA H13-D43, ESC. 1:50,000.
- 6** PAAL EXPLORACIONES, S. A. 1981. ESTUDIO DE GEOLOGÍA SUPERFICIAL DE RECONOCIMIENTO Y SEMIDETALLE PARA MINERAL DE HIERRO, PROSPECTO SAN CARLOS ESTADO DE CHIHUAHUA (PEMEX); CARTA MANUEL BENAVIDES H13-D44, ESC. 1:50,000.
- 7** RAMÍREZ, T. E. et al; (CRM, 2003). CARTA GEOLÓGICO-MINERA Y GEOQUÍMICA POZOS H13-D53, ESC. 1: 50,000.



CARTA LA MADERA H13-D43

En el informe se concluye que desde el punto de vista petrolero esta área no presenta condiciones favorables para la obtención de hidrocarburos, sólo se encontraron pequeñas manifestaciones de hidrocarburos (gilsonita) en el área de Manzanillas y Crestones El Hugo rellenando cavidades dentro de rocas ígneas extrusivas de composición riolítica.

Consejo de Recursos Minerales, 1994. Edita la monografía geológico-minera del estado de Chihuahua, donde quedan integrados todos los datos sobre los resultados de exploración, mediante cartas básicas geológico – mineras correspondientes al territorio del estado de Chihuahua, con lo cual se pretende difundir la importancia de la actividad que ha sido base para el desarrollo del estado. Se busca marcar la pauta para la investigación, y atraer nuevas inversiones que permitan a la actividad minera mantener el lugar que a la fecha ha logrado. Se muestra la información geológica, su infraestructura, la situación legal, los principales centros productores, la estadística y el potencial susceptible de desarrollo son los principales aspectos tratados en esta monografía.

Hernández *et al.*, 2000. Elaboran la carta geológico minera y geoquímica Ciudad Delicias H13-11, escala 1: 250,000, donde se resume la gran importancia de la carta con respecto a yacimientos minerales donde destacan la región minera La Perla la cual es conformada por los distritos mineros La Perla y La Negra, y la zona mineralizada El Anteojo; el primer distrito se encuentra en actividad parcial procesando los terreros, la mena consiste de magnetita, hematita y martita, la ganga esta constituida por cuarzo, calcita y yeso. El segundo distrito se encuentra inactivo, el yacimiento es de forma lenticular con una longitud de 160 m y un ancho de 40 m.

En la zona mineralizada destacan los prospectos El Anteojo, cuya estructura se emplaza en el contacto de un intrusivo de composición granítico y calizas cretácicas, la mena consiste de hematita y en menor cantidad magnetita, la ganga es pirita, apatito y sílice, El Hundido cuya mena consiste de magnetita, martita y menor proporción goethita, la ganga la constituyen pirita, marcasita, calcita, yeso, calcedonia y fluorita; y el prospecto Puerto San Juan con mineralización de óxidos de hierro y manganeso en estructuras vetiformes.

Destacan además los distritos mineros Santa Eulalia con cuerpos mineralizados en forma de chimeneas,

mantos y vetas, con mineralización de sulfuros masivos con valores de Ag, Pb y Zn. El distrito minero Savonarola que presenta cuerpos tabulares y mantos con óxidos de Fe y Mn con valores de Ag, las minas importantes son La Licha, La India, La Reyna, Enjambre y Los Reyes. Y el distrito minero Julimes que en 1970 producía la cuarta parte de barita de la producción nacional, la mineralización se presenta en vetas emplazadas en calizas de edad cretácica asociadas a pórfidos riolíticos.

Hernández *et al.*, 2002. Realizan la carta geológico minera y geoquímica Ojinaga H13-8 escala 1: 250,000, donde resumen que la zona mineralizada Sierra Rica, se localiza en la porción sureste de la carta, en las sierras Rica y El Ocotillo. La mena está constituida por esfalerita, galena, fluorita, malaquita y azurita, en ganga de óxidos de hierro. Las estructuras ocurren en forma de vetas encajonadas en unidades sedimentarias del Cretácico. Su origen es hidrotermal, generado por intrusiones riolíticas y andesíticas asociadas a la caldera de San Carlos. Las estructuras presentan una dirección NW – SE y NE – SW, con buzamientos al NE, SW y verticales. La obra minera de mayor importancia por su desarrollo y explotación es la mina Dos Amigos la cual reportó valores de 0.01 a 0.88% de Pb, 0.10 a 0.63 % de Zn y 0.001 a 2.3 % de Cu.

Romo *et al.*, 2002. Elaboran la carta geológico minera y geoquímica San Miguel H13-12 escala 1: 250,000, donde resumen que los yacimientos minerales de la carta se presentan en forma de vetas y mantos de forma lenticular, cuyo origen se encuentra asociado a procesos de hidrotermalismo derivados de una fuente magmática.

La mina de mayor importancia es Hércules que consiste de cuerpos irregulares de hierro (magnetita y hematita), los cuerpos de mayor importancia son Prometeo, Teseo, Tiber y Aceros. La mineralización consiste de magnetita, hematita, con cantidades menores de pirita, calcopirita, pirrotina y bornita.

Sánchez *et al.*, 2002. Realizan la carta geológico minera Manuel Benavides H13-9 escala 1: 250,000. Resumen que dentro del área que cubre la carta se definieron cuatro zonas mineralizadas y un área mineralizada, destacando por su importancia la zona mineralizada Sierra Azul, donde se localiza la mina San Carlos. Esta mina fue explotada por la compañía minera Asarco en los años de 1942 a 1952, produciendo un millón quinientas mil toneladas de

mineral, la mena esta constituida por minerales de fierro asociado a sulfuros de Pb, Zn, Cu, Au y Ag, con un espesor de la estructura de 3.0 metros y una longitud de 200 metros con valores de 2.55 a 40% de Fe, 5 a 71 g/t de Ag, 1.15 a 3.38% de Pb y 1.25 a 3.38% de Zn.

El área mineralizada Tres Marías está constituida por las minas Tres Marías, La Osa, El Uranio y los prospectos Junco y El Quemado. La mineralización se presenta en pequeñas bolsadas y fracturas rellenas de óxidos, sus dimensiones varían de centímetros a metros. La mineralización está constituida por sulfuros que arrojan resultados de Zn y Pb con valores de 0.12 a 25% de Zn y 2.04% de Pb, además de contener valores de germanio y galio dentro de los sulfuros de Zn; por las características que presentan estos yacimientos su génesis se considera que corresponden a yacimientos tipo Missisipi Valley.

Ramírez *et al.*, 2003. Elaboran la carta geológico minera y geoquímica Pozos H13-D53 escala 1: 50,000, donde identificaron una zona mineralizada, tres áreas mineralizadas y una zona prospectiva, destacando por su importancia la zona mineralizada Pozos, donde se encuentran las minas La Macoya y La Dolcecita, cuyas estructuras ocurren en forma de vetas con orientaciones de N 60° W y N 28° W, con inclinaciones de 80° al NE; la primera emplazada en riolitas de edad Oligoceno, mientras que la segunda se emplaza en un cuerpo hipabisal de composición pórfido andesítico. Los valores reportados de los muestreos efectuados son poco alentadores ya que son muy bajos.

Arzabala, 2005. Realiza el trabajo titulado "Correlación estratigráfica de la cuenca de Chihuahua y su relación con los yacimientos minerales", donde concluye que su trabajo es una síntesis de los aspectos geológicos más importantes para tener una base y así poder llevar a cabo un análisis geoquímico más completo de los depósitos minerales de la cuenca de Chihuahua, determinando las unidades formacionales en las que se encuentran hospedados estos yacimientos, así como su forma de depósito en los ambientes paleogeográficos en esos periodos, de los cuales, algunos forman parte de áreas diferentes de sedimentación de acuerdo a la ubicación paleogeográfica en que se encuentren.

I.3. Método de trabajo

La metodología aplicada en la elaboración de la carta geológico-minera y geoquímica escala 1:50,000 consta de procedimientos técnicos contemplados en el sistema de calidad y consisten de: compilación de información bibliocartográfica en instituciones como SGM, INEGI, PEMEX, IMP, universidades, empresas mineras, publicaciones en revistas especializadas nacionales y extranjeras, tesis profesionales de diferentes grados académicos, continuando con el análisis e interpretación de esta información depurando, sintetizando y elaborando un plano geológico estructural interpretado, columna estratigráfica preliminar, plano estructural, yacimientos minerales y síntesis de cada disciplina, lo cual sirve de base para la elaboración del marco geológico y la problemática a resolver, se realiza la interpretación del modelo digital de elevación y la imagen de satélite en las bandas 7, 4, 1.

Con base en la información antes mencionada se realiza la programación del muestreo geoquímico de arroyo con un total de 203 muestras con una densidad por muestra de 4.42 km² a través de pétalos de captación fluvial aplicando el criterio de cuencas y subcuencas hidrológicas y su asociación con la litología.

Las actividades de campo inician con el reconocimiento general del área, donde se verifica la información recopilada y se elabora un programa para este reconocimiento, se hacen recorridos geológicos donde se verifican los límites de cartas aledañas, checando si existe diferencia entre las unidades cartografiadas de las cartas aledañas y así plasmar estas observaciones en una base topográfica de INEGI y se anotan los puntos verificados en la bitácora de campo, se elabora una minuta de trabajo con las conclusiones del reconocimiento. Con esta información se elabora el marco geológico para comprender la evolución espacio temporal de los eventos geológicos ocurridos en la región y con base en éste, se realiza la separación o el agrupamiento de las unidades geológicas a cartografiar considerando los criterios utilizados en cartas aledañas, elaboradas por el SGM; posteriormente se da inicio al mapeo geológico y ubicación del muestreo de yacimientos minerales, iniciando con el muestreo geoquímico de sedimento activo de arroyo con su geología puntual, con un total de 203 muestras, las cuales se analizan por emisión espectroscópica de plasma de Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Ti, U, W, y Zn, el As, Bi, Sb, Se, Sn

y Te, se analizó por vía húmeda los 30 elementos. Con los resultados obtenidos se realizaron análisis geoestadísticos por percentiles, continuando con el mapeo geológico y yacimientos minerales con una duración de trabajos de campo de 10 meses, elaborando los respectivos planos y niveles de información de cada disciplina, con esta información se elabora el informe geológico minero; y se envía para su validación y aprobación, la edición final de la carta geológico minera y geoquímica se realiza a través de un sistema de información geográfica (ARC/INFO) el cual permite la posibilidad de ofrecerle al usuario la combinación de varias disciplinas para la impresión de la carta Temática.

II.- GEOGRAFÍA

II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

El área de estudio se ubica en la porción noreste del estado de Chihuahua, a 170 kilómetros en línea recta al N 73° E con respecto a la capital del estado; queda comprendida dentro de la jurisdicción de los municipios de Manuel Benavides y Ojinaga, cubre una superficie de 898 km² (Figura 2). Está delimitada por las coordenadas geográficas 29° 00' a 29° 15' de latitud norte y 104° 00' a 104° 20' de longitud oeste con relación al Meridiano de Greenwich

II.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

Los accesos y vías de comunicación con que cuenta la carta incluyen una carretera de primer orden, siendo esta la carretera federal No. 16, Chihuahua – Ojinaga a la altura del kilómetro 195 se desprende la carretera municipal No. 67 que conduce a la población de Manuel Benavides con una distancia de 59 km el cual cruza la carta de poniente a oriente en su porción norte (Figura 3). Las vías de comunicación se complementan con un gran número de caminos rurales y brechas de terracería los cuales se encuentran en condiciones regulares, estos se intercomunican entre las poblaciones y rancherías que se encuentran dentro de la carta, los cuales son transitables durante el estiaje y en épocas de lluvia son en gran parte inaccesibles.

II.3.- FISIOGRAFÍA

La superficie que cubre la carta comprende la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras, dentro de las subprovincias de sierras plegadas del norte (INEGI, 2001) (Figura 4). La provincia fisiográfica de

Cuencas y Sierras se caracteriza por la presencia de sierras anticlinales formadas por calizas cretácicas, generalmente alineadas en dirección NW – SE separadas por amplios valles y cuencas estructurales rellenas de material aluvial.

En la subprovincia de sierras plegadas del norte las más representativas son Sierra Rica y sierra La Manzanilla, la primera localizada en la porción centro norte de la carta y la segunda ubicada en la porción noroeste del área de estudio. La máxima elevación se localiza en la porción centro norte de la carta en la Sierra Rica alcanzando los 2,400 msnm, mientras que la mínima cota que se registra es de 1,000 msnm, localizada en la parte noroeste del área, en las inmediaciones de las rancherías El Presón y El Milpillas.

La red hidrográfica se caracteriza por presentar un sistema de drenaje dendrítico; que se caracteriza por ramificaciones irregulares en todas direcciones, desarrollado en zonas donde la litología aflorante es homogénea, presentándose principalmente en la mayor parte de la carta dentro del paquete calcáreo-arcilloso que aflora dentro de esta.

El sistema paralelo y subparalelo se encuentra relacionado a fosas sedimentarias y a lomeríos suaves. El sistema de drenaje anastomosado esta indicado por el arroyo El Cardenchal localizado en la porción sureste de la carta. El sistema de drenaje radial se presenta en la porción sureste de la carta en el cerro Aguja El Árbol.

La corriente superficial más importante y cercana que se tiene es el río Bravo, en el tramo que inicia después de la unión con el río Conchos al noroeste de la población Manuel de Ojinaga, hasta los límites entre Coahuila de Zaragoza y Chihuahua, con un recorrido en esta cuenca de 135 km. La dirección general en la cuenca es al sureste con pequeñas deflexiones al sur. En su trayecto recibe una gran cantidad de afluentes de tipo intermitente.

FIGURA 2. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN

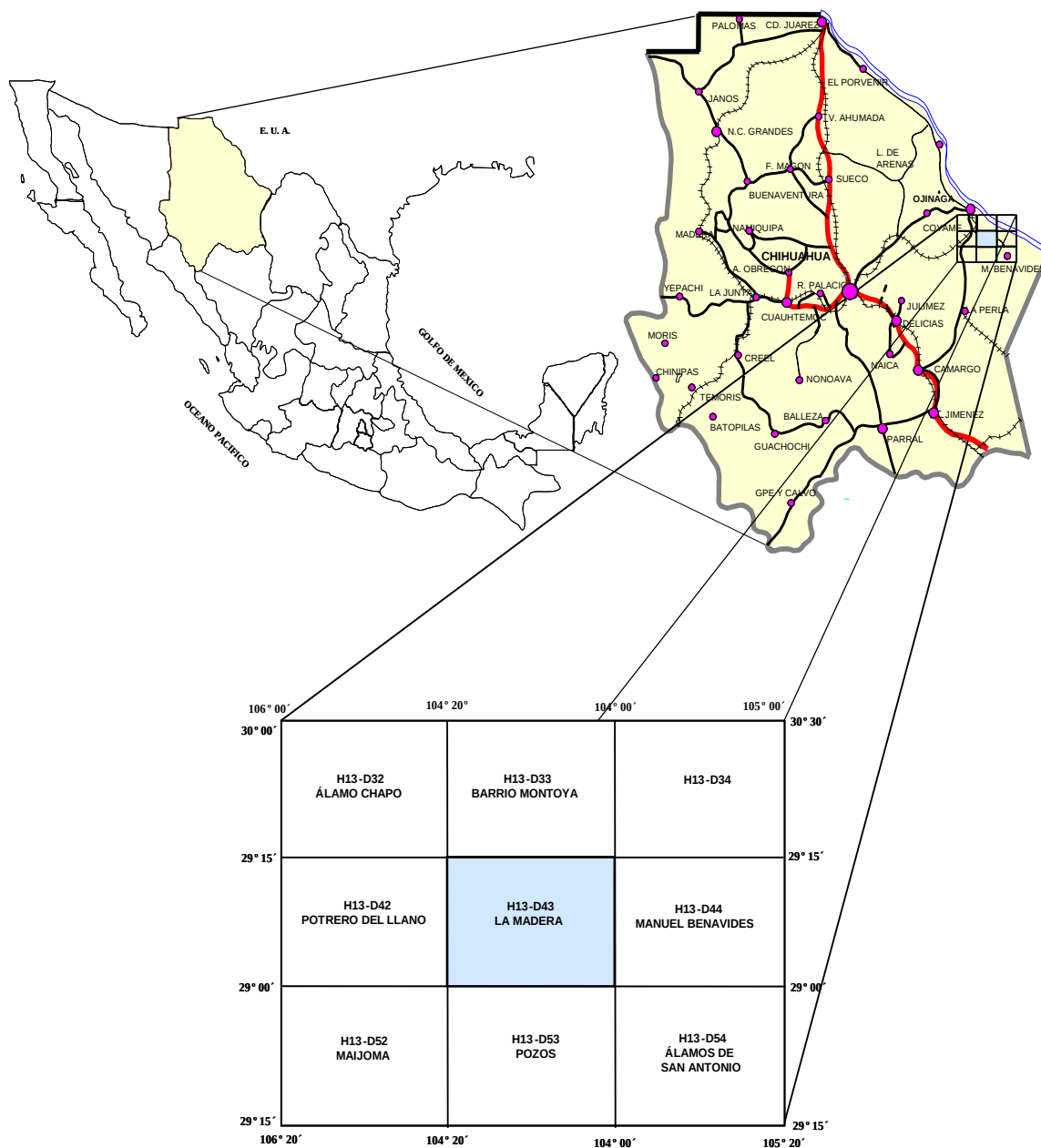


FIGURA 3. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

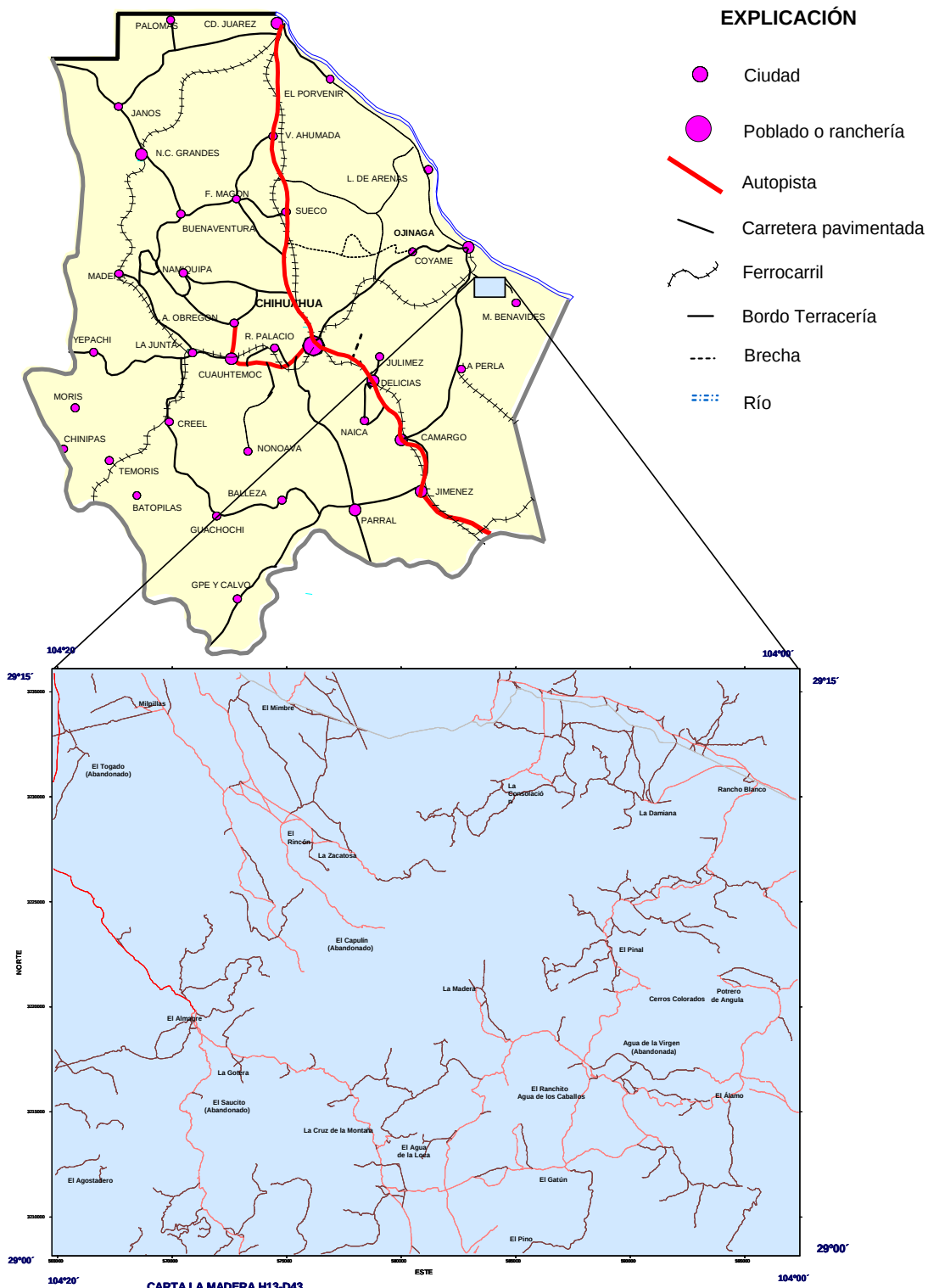
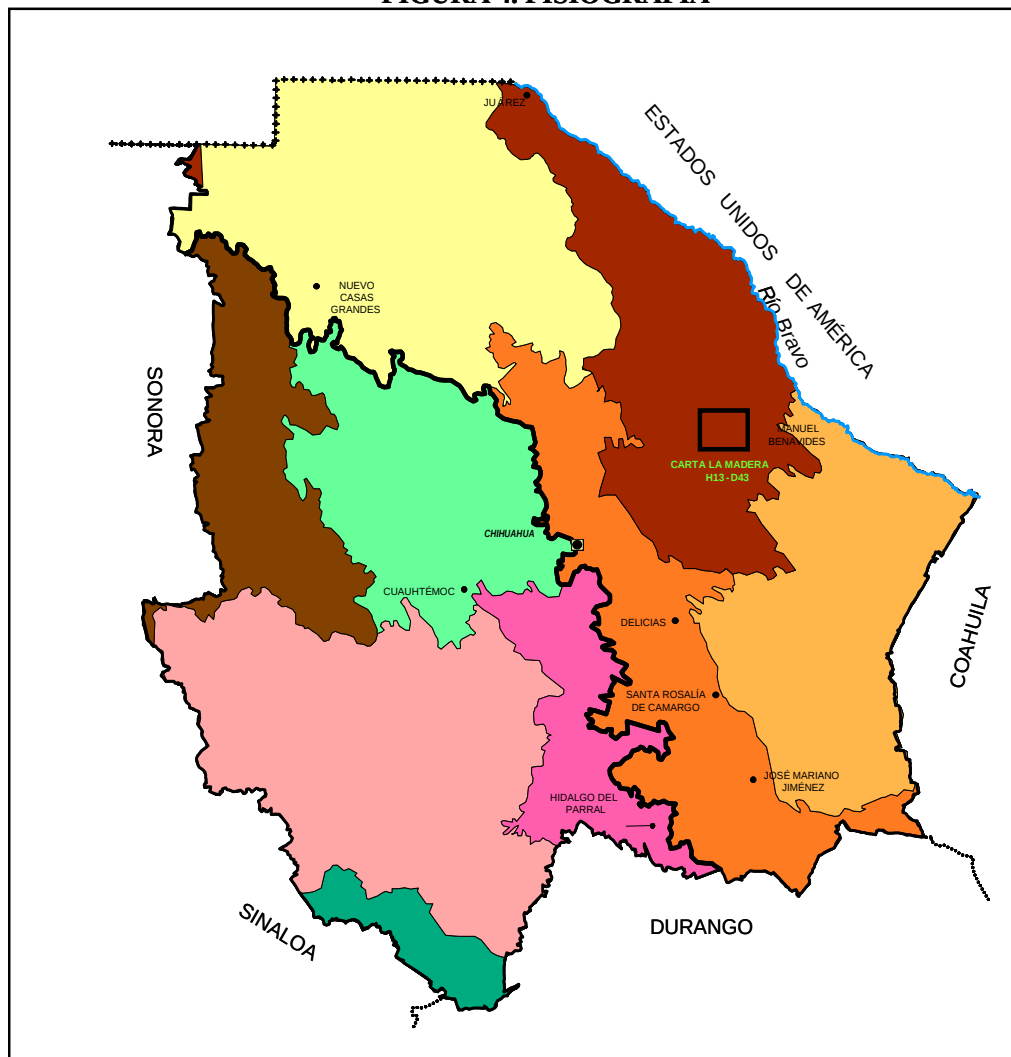


FIGURA 4. FISIOGRAFÍA



- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | SUBPROVINCIA DE SIERRAS Y CAÑADAS DEL NORTE |  | SUBPROVINCIA LLANURAS Y MEDANOS DEL NORTE |
|  | SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS TARAHUMARAS |  | SUBPROVINCIA SIERRAS PLEGADAS DEL NORTE |
|  | SUBPROVINCIA GRAN MESETA Y CAÑONES CHIHUAHUENSES |  | SUBPROVINCIA DEL BOLSÓN DE MAPIMÍ |
|  | SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS DE DURANGO |  | SUBPROVINCIA LLANURAS Y SIERRAS VOLCÁNICAS |
|  | SUBPROVINCIA GRAN MESETA Y CAÑONES DURANGUENSES |  | LÍMITE DE PROVINCIA |



FUENTE: INEGI, 2001

III.- GEOLOGÍA

III.1.- MARCO GEOLÓGICO

El marco geológico de la carta puede entenderse a partir de su ubicación. Las unidades litoestratigráficas que están expuestas dentro de la carta, tienen un rango de edad que abarca desde el Mesozoico hasta el Holoceno.

En el Mesozoico se forma la cuenca de Chihuahua, en estos mares se depositan secuencias sedimentarias del Jurásico y Cretácico. La sedimentación inicia en el Triásico-Jurásico con el depósito de unidades clásticas producto de la destrucción de las formaciones del Paleozoico, representadas por la Formación Conglomerado Pandos. En el Jurásico continua la sedimentación con el depósito terrígeno-calcáreo de la Formación La Casita. El Cretácico presenta tres ciclos de sedimentación. El primero inicia en el Cretácico inferior con el depósito de sedimentos arcillo-arenosos correspondientes a las formaciones Navarrete, Las Vigas, Grupo Cuchillo (La Virgen, Cupido, La Peña); en el Cretácico medio prosiguió el avance de la trasgresión marina, cubriendo totalmente la provincia, con depósitos de carbonatos de plataforma principalmente e intercalaciones de quebres arcillo calcáreos de mar abierto, originados por movimientos oscilantes verticales dando origen a las unidades del Grupo Aurora (Benigno, Walnut, Finlay), y Benevides, que corresponde a sedimentos arcillo-calcáreos, considerado como un horizonte cronoestratigráfico que divide el Cretácico medio del superior. El Cretácico superior corresponde a secuencias calcáreo-arcillosas, representadas por las formaciones del Grupo Washita que agrupa las formaciones Loma de Plata, Del Río, Buda. En el Cretácico superior, al final del Albiano y principios del Cenomaniano, las pulsaciones iniciales de la orogenia Laramide, originaron depocentros locales y aisladas emisiones durante el cual existen depósitos de regresión y trasgresión, que da lugar a una variada sedimentación con alta influencia de terrígenos en unas partes y marina franca en otras que da lugar al depósito de secuencias areno-arcillosas de las formaciones Ojinaga y San Carlos - Picacho.

El Terciario está representado por un vulcanismo ácido fisural. En el Oligoceno se inicia la fase distensiva, representada por fallas normales y laterales, por donde se emplazan grandes

cantidades de material volcánico de composición riolítica-dacítica, bimodal y básica. Las unidades de riolita-dacita están formadas por depósitos de material ignimbrítico y lávico; el vulcanismo bimodal esta representado por material riolítico-basáltico, cubiertos finalmente por derrames de basalto.

Para el Mioceno continuó la fase distensiva de Cuencas y Sierras, las estructuras desarrolladas permiten el depósito de secuencias clásticas en forma de conglomerado polimíctico, arenisca, con alternancias de material tobáceo y basáltico. El Cuaternario está representado por el depósito de materiales sin consolidar, en forma de depósitos de pie de monte (grava y arena), depósitos de planicie (limo-arena) y depósitos de aluvión.

Las unidades del Mesozoico fueron deformadas a finales del Cretácico y a principios del Terciario, por el evento compresivo Laramide, creando pliegues anticlinales y sinclinales en gran y pequeña escala, este tipo de compresión dio una orientación preferencial NW-SE a las sierras de origen sedimentario.

Las estructuras anticlinales y sinclinales fueron afectadas en el Terciario por dos eventos post laramídicos, el primero de ellos corresponde a la formación de la sierra Madre Occidental en el Oligoceno superior con el emplazamiento de gruesos espesores de ignimbrita y toba. El segundo en el Mioceno medio originó la formación de cuencas y sierras íntimamente ligadas a la apertura del golfo de California dando lugar a la creación de fosas y pilares. Posteriormente se tiene un sistema de sierras constituido por rocas de composición riolítica, orientadas NW-SE, producto de la emisión ígnea a partir de los fallamientos normales y transcurrentes. Un ejemplo de este tipo de fallas es la de Juárez que se interpreta como un desplazamiento sinetral, con orientación sensiblemente norte-sur, la traza de esta falla se encuentra definida por una serie de valles alargados, lagunas secas y por la desviación del curso del río Conchos (Eguiluz de, 1984). Sobre este lineamiento existen coladas de lavas de composición basáltica, que fueron emplazadas a través del plano de corrimiento.

En lo que respecta a los yacimientos minerales, en la carta se identificaron tres áreas mineralizadas denominadas Sierra Rica, Los Volcanes y Las Minas. El área mineralizada Sierra Rica se localiza en la porción centro – norte de la carta, con mineralización

polimetálica constituida por Pb, Zn, Cu con valores bajos de Au y Ag, la cual se presenta en estructuras tipo veta falla, con orientación de N 12° W e inclinación de 80° al NE en la estructura que se tiene en el rompimiento de la obra minera; se tiene una segunda estructura que es la principal, de rumbo N 50° W con un echado de 79° al SW, con una longitud aproximada de 200 m y espesores variables que van desde 30 cm hasta 3.0 m.

Los minerales de mena están representados por galena, esfalerita, calcopirita, cerusita, magnetita, malaquita, calcopirita y covelita, mientras que los minerales de ganga están constituidos por cuarzo, calcita, pirita, arsenopirita, pirolusita, hematita y azufre. La mineralización corresponde al tipo hidrotermal como producto de relleno de cavidades y reemplazamiento de soluciones ascendentes ricas en sílice y elementos pesados, aprovechando zonas de debilidad como son el fracturamiento y fallamiento para depositarse.

El área mineralizada Los Volcanes se ubica en la parte suroeste de la carta, se presentan yacimientos de manganeso que ocurren en forma de cuerpos irregulares y lenticulares, los cuales aprovecharon zonas de debilidad para depositarse. Los minerales de mena están constituidos por pirolusita, psilomelano, manganita, romanechita, criptomelano, ramsdellita y bassanita; mientras que los minerales de ganga corresponden a cuarzo, calcita, hematita, goethita y magnetita. La mineralización está controlada por jasperoides que se formaron por reemplazo silíceo epigenético de una roca previamente litificada de la roca huésped que en forma lenticular acompañan a los minerales de manganeso.

El área mineralizada Las Minas se localiza en la porción sur sureste de la carta, presenta una gran cantidad de prospectos y manifestaciones de mineral que se presentan de forma irregular y principalmente en cuerpos silicificados y oxidados. La mineralización se presenta principalmente en óxidos de hierro con valores bajos de Au, Ag, Pb y Zn.

III.2.- ESTRATIGRAFÍA

La carta está representada por rocas sedimentarias del Cretácico inferior (Albiano), rocas volcánicas del Terciario y depósitos del Cuaternario (Figuras 5 y 6).

Cretácico Inferior

Formación Benigno (Kaim Cz)

Haenggi en 1966 propone el nombre para esta formación a una caliza que se encuentra entre las formaciones Cuchillo y Lágrima. El nombre se tomó del arroyo Benigno al noreste del área del Cuervo.

A esta formación se le han dado varios significados en cuanto a su aplicación en el norte y noreste del estado de Chihuahua; ha sido definida como una alternancia de *wackestone* con *wackestone* nodulares y margas, contiene abundantes pelecípodos y gasterópodos pequeños, *exogiras* y *griphaeas*, de color gris medio a gris oscuro. Se presenta en estratos que van de 30 cm a 3.0 m.

Dentro de la carta esta unidad aflora principalmente en el cuadrante suroeste, en las localidades sierra El Ocotillo, sierra La Cueva Pinta y cerro El Chayote; en la porción noreste aflora sobre el camino que conduce del rancho El Diamante al rancho El Pinal en las inmediaciones del arroyo La Pinosa.

Consiste de una alternancia de calizas nodulares y margas de color gris en roca fresca y al intemperismo adquiere una tonalidad azulosa, con textura de grano fino, de estratificación mediana de 0.20 a 0.50 m de espesor, contiene fauna de pelecípodos y gasterópodos, además de *exogiras* y *griphaeas*. La morfología donde aflora esta unidad se representa por cerros alargados con elevación moderada (Fotografía 1).

En condiciones normales sus contactos inferior y superior con las Formaciones Coyame (Kai Cz-Lu), la cual no aflora dentro del área que cubre esta carta, y Walnut (Kam Cz-Lu) respectivamente, son concordantes y transicionales. La presencia de microfósiles bentónicos, tales como *Orbitolina sp*, *Nummoliculina heimi*, además de equinodermos, peletoides y toucasias permite ubicar a esta formación en el Albiano medio.

Se correlaciona con las formaciones Glen Rose del sur de Texas y noreste de México, con la Formación Acatita de la plataforma de Coahuila, con la parte media de la Formación Tamaulipas Superior, con la Formación Aurora y con la Formación Mural de Sonora-Arizona (García, 1985).



Fotografía 1.-Caliza de estratificación media de color gris azulado de la Fm. Benigno (Kaim Cz) con un alto contenido de fauna (orbitolina texana). Localidad La Pinosa porción noreste.

Las características litológicas y faunísticas de esta formación indican un ambiente nerítico interno en una plataforma somera extensa. En ninguno de los afloramientos reconocidos en el presente trabajo se observó que tuviera alguna relación con yacimientos minerales metálicos.

Formación Walnut (Kam Cz-Lu)

Esta formación fue primeramente nombrada por Hill en 1891 en Walnut Spring, condado del Bosque del estado de Texas, para designar un intervalo constituido por arcillas amarillentas y calizas laminadas con *Exogyra texana* Roemer y *Gryphaea* cf. *incurva*, que en ese sitio cubren a las areniscas de la Formación Paluxy correlativas a la Formación Glen Rose.

King y Adkins en 1946, reportan en la mina Las Vigas, arriba de la Formación Aurora una zona margosa con *Exogyra Texana* y *Heteraster* de posible edad "Walnut". Díaz (1964) propuso el nombre de "Calizas y Lutitas sin nombre" para una secuencia sedimentaria bajo la Formación Finlay y sobre la Formación Benigno, que aflora en la sierra Las Vacas; Haengg (1966) propuso el término Lágrima, para una unidad con las mismas relaciones en la sierra El Hueso; posteriormente Hernández (1977), propone el nombre de Formación Chihuahua. Holguín (1979) propuso el termino Formación El Bronce para una alternancia de lutita y caliza gris rojiza y verdosa, que aflora en la sierra El Bronce y que subyace a la Formación Finlay.

Aflora en la porción suroeste de la carta en las sierras El Ocotillo, La Calera, La Cueva Pinta y cerro El Chayote; en la porción noreste aflora sobre el camino que conduce del rancho El Diamante al rancho El Pinal, en las inmediaciones de la localidad La Pinosa.

Está constituida por una caliza de estratificación media a gruesa, con estratos de hasta 2.0 m de espesor con intercalación de lutita laminar de color negro. La caliza presenta nódulos de pedernal, es de color gris en roca fresca e intemperiza a un color gris oscuro a café, presenta estructura compacta, textura rugosa, fétida, con karsticidad de grano fino, vetilleos de calcita, abundantes pelecípodos. En la mayor parte de los afloramientos se tienen grietas de tensión las cuales corresponden a la distensión laramídica ocasionada por el rompimiento de pliegues (Fotografía 2).



Fotografía 2.- Caliza de textura rugosa de estratificación delgada con intercalación de lutita, Fm. Walnut (Kam Cz-Lu). Porción suroeste.

En general los afloramientos de esta unidad varían en espesores, en la localidad sierra La Cueva Pinta ubicada al suroeste alcanza su máximo espesor con 200 m. En condiciones normales sus contactos inferior y superior con las formaciones Benigno y Finlay, respectivamente, son concordantes y transicionales. En la sierra El Ocotillo cubre concordantemente a la Formación Benigno y constituye el núcleo del anticlinal del mismo nombre, en el cerro La Calera de igual forma constituye el núcleo de un anticlinal recumbente; en la localidad de la sierra La Cueva Pinta es cubierta concordantemente por la Formación Finlay.

FIGURA 5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

SIMBOLOGÍA

CUATERNARIO

Qho al	Aluvión
Qho lm-ar	Limo-Arena
Qho gv-ar	Grava-Arena

TERCIARIO MIOCENO

Tm TR-Ig	Toba riolítica-Ignimbrita
Tm Cgp-B	Conglomerado polimíctico-Basalto

TERCIARIO OLIGOCENO

To B	Basalto
To Da	Dacita
To Ig-TR	Ignimbrita-Toba riolítica

TERCIARIO PALEOCENO

Tpae Cgp-TR	Conglomerado polimíctico-Toba riolítica
-------------	---

CRETÁCICO SUPERIOR

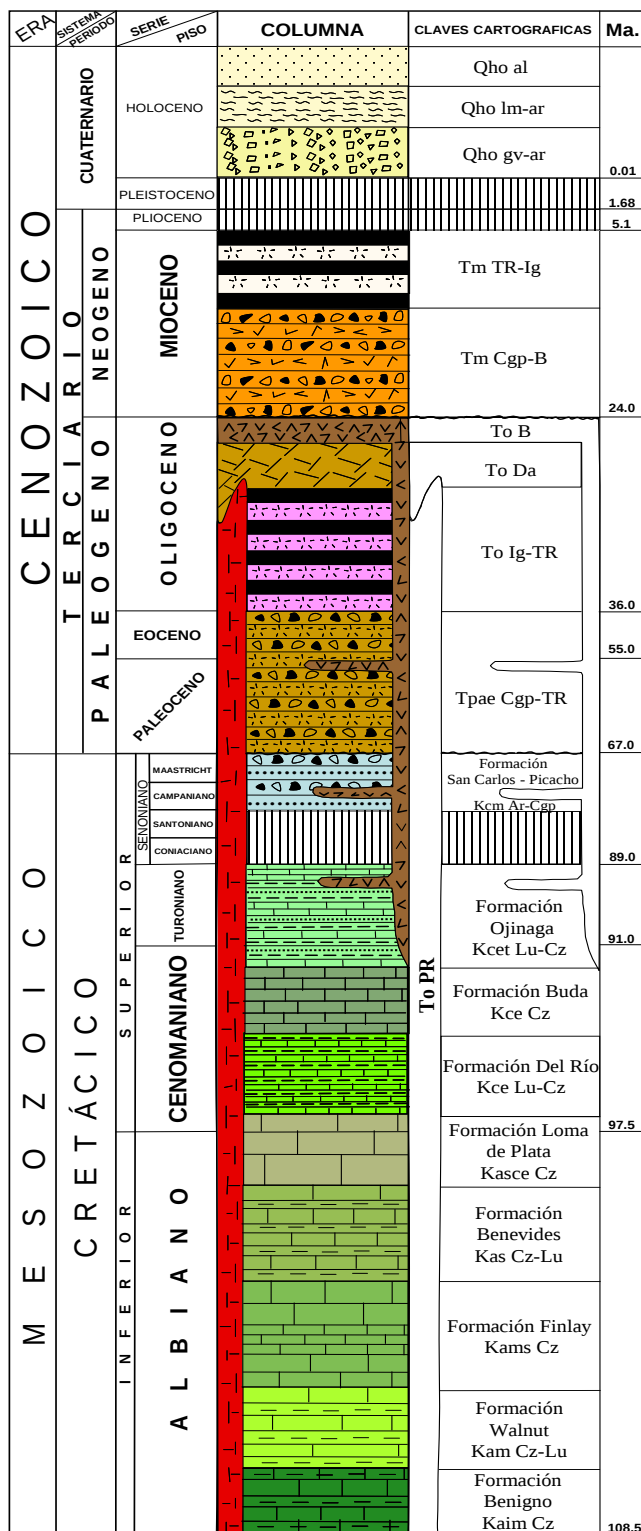
Kcm Ar-Cgp	Arenisca-Conglomerado polimíctico
Kcet Lu-Cz	Lutita-Caliza
Kce Cz	Caliza
Kce Lu-Cz	Lutita-Caliza

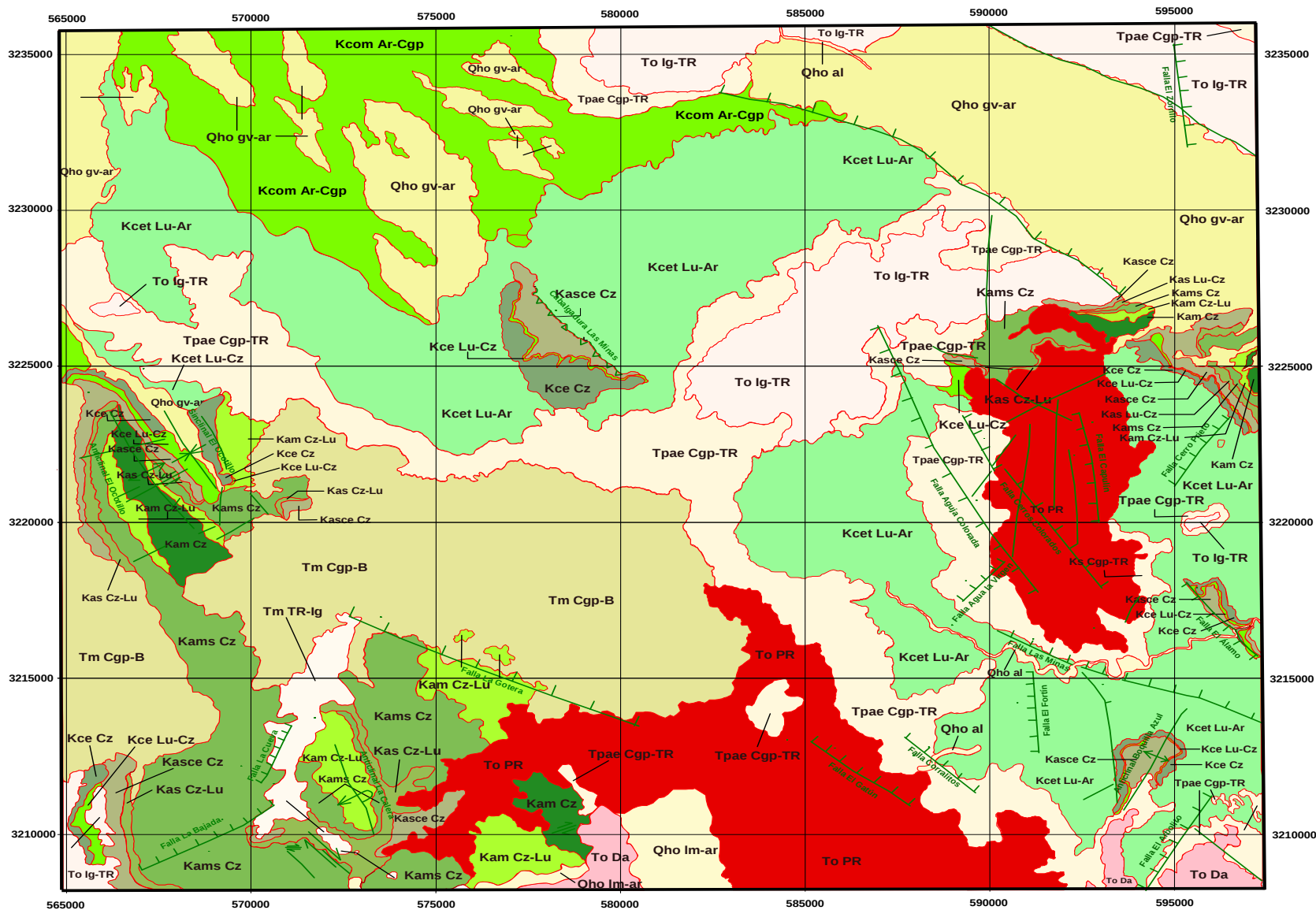
CRETÁCICO INFERIOR

Kasce Cz	Caliza
Kas Cz-Lu	Caliza-Lutita
Kams Cz	Caliza
Kam Cz-Lu	Caliza-Lutita
Kaim Cz	Caliza

ROCAS INTRUSIVAS

To PR	Pórfido Riolítico
-------	-------------------





SGM
Societăți Generale de Muncă

En la Formación Walnut se han identificado *Calcisphaerula innominada*, *Pithonella ovalis*, *Globochaete alpina*, *Hedbergella sp.*, *Favusella sp.*, *Stomiosphaera conoidea*, además de equinodermos, radiolarios, ostrácodos. En otras áreas se han identificado amonitas *Oxytropidoceras sp.* y el molusco *Lunatia sp.*, además de *Gryphaeas sp.*, por lo que se le asigna una edad del Albiano medio. Se correlaciona con la Formación Walnut del norte y centro de Texas, con la parte superior de la Formación Aurora del golfo de Sabinas y Tamaulipas Superior, con las formaciones Cox y Comanche Peak de Texas (García, 1988) y la Formación Acatita de la plataforma de Coahuila. Su depósito refleja una fase transgresiva estando representada por ambientes que varían de litorales a depósitos de plataforma externa. Esta unidad dentro de la carta no presenta ninguna posibilidad para albergar ningún tipo de mineralización.

Formación Finlay (Kams Cz)

El nombre de Formación Finlay lo introdujo Richardson (1904) para describir una sección de calizas cuyos afloramientos corresponden a los escarpes que circundan el extremo norte de la sierra Finlay que se encuentra en la provincia denominada "West Texas". Son calizas resistentes que están encajonadas entre dos formaciones cuyo alto contenido de arcillas está reflejado por las pendientes o escalones topográficos, característicamente recesivos, que interrumpen los perfiles de los prominentes escarpes del área. Haenggi (1966) denominó como Formación Finlay a la caliza que sobreyace a la Formación Lágrima y subyace a la Formación Benevides.

La máxima expresión de esta unidad se tiene en la porción suroeste de la carta, en las localidades sierra El Ocotillo, en su flanco poniente, cañón El Grado y cañón El Agua, también se encuentra expuesta en el flanco suroeste de la sierra La Cueva Pinta, en los bordes del cerro La Calera y en el cerro La Nopalera; en la porción este aflora en las localidades Bordo El Pedregoso, arroyo El Pedregoso y El Palmar.

Consiste de una caliza masiva de estratificación bien definida, de color blanco a gris claro que intemperiza a un color beige, amarillo y gris oscuro, presenta textura rugosa, sacaroide y kársticas. Sus estratos son de medios a gruesos con un espesor de 0.30 hasta 2.0 m, con intercalaciones de horizontes arcillosos, contiene miliólidos, gasterópodos y

rudistas. Entre los planos de estratificación se le observa pedernal en nódulos, bandas y lentes, concreciones de fierro, estilolitas y grietas de tensión las cuales corresponden al rompimiento de pliegues por la distensión laramídica.

En las localidades Cañón El Agua (Los Volcanes) porción suroeste y Bordo El Pedregoso en la porción noreste, estas calizas se ven afectadas por diversos procesos de alteración por metamorfismo, lo cual hace que cambien sus características físicas y se transformen en mármol (Fotografía 3).



Fotografía 3.- Caliza masiva marmolizada de estratificación gruesa, textura rugosa, sacaroide y kárstica, con grietas de tensión, producto de la distensión laramídica que se tuvo en el área.

Su máximo espesor dentro de la carta se tiene en la porción suroeste en la localidad Cañón El Agua alcanzando los 240 m.

Sobreyace de forma concordante y transicional a la Formación Walnut y subyace de forma concordante a la Formación Benevides. Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Albiano medio superior.

Se correlaciona con la parte superior de las formaciones Aurora y Tamaulipas Superior del noroeste de México, y con la Formación Edwards del centro de Texas (García, 1985). Las características litológicas y faunísticas señalan que esta formación se depositó en un ambiente nerítico interno en facies de plataforma.

Dentro de la carta, esta unidad se manifiesta muy favorable para alojar mineralización económica ya

que en esta formación se encuentran emplazadas la mayoría de las estructuras con mineralización de manganeso con valores importantes de plata; y además puede ser explotada como roca dimensionable por mármol, debido a la transformación que adquieren las calizas por procesos de un fuerte metamorfismo regional alterando la roca y sus características físicas que la transforman en mármol.

Formación Benevides (Kas Cz-Lu)

Amsbury (1958) propuso el término Formación Benevides para 38 m de lutitas intercaladas con calcarenitas, que están encajonadas entre las formaciones Finlay y Loma de Plata en "Pinto Canyon", localizado en el condado Presidio del estado de Texas.

Dentro de la carta aflora en la porción suroeste, en los flancos noreste y suroeste de la sierra El Ocotillo, en el flanco poniente del cañón El Agua, y en el arroyo El Chupadero, mientras que en la porción sureste sus afloramientos son más restringidos observándose en Bordo El Pedregoso y al noreste del arroyo El Pájaro.

Esta formación está constituida por una alternancia de caliza arcillosa de color gris oscuro en capas delgadas a laminares que intemperizan a un color crema y amarillo. Las lutita se presenta en estratos delgados de color gris azulado, ocasionalmente se le observan horizontes arenosos de color crema, los espesores de los estratos varían tanto en las calizas como en las lutitas, son delgados a medianos con 0.10 a 0.30 m (Fotografía 4).

Se caracterizan por contener demasiada macrofauna constituida por amonitas, gasterópodos y pelecípodos. Su espesor se estima aproximadamente en 70 m. Sobreyace de forma concordante y transicionalmente a la Formación Finlay y subyace de la misma forma a la Formación Loma de Plata.

Por su posición estratigráfica y contenido fósil se ubica en el Albiano superior y se correlaciona con la parte superior de las formaciones Kiamichi del centro de Texas, con la Formación Sombrerete de Nuevo León, con la parte inferior de la Formación Cuesta del Cura y con parte de la Formación Acatita de Coahuila (García, 1985).

La Formación Benevides se depositó en un ambiente nerítico externo con oscilaciones o variaciones en la velocidad de depósito de sedimentos, correspondiendo a un medio de plataforma abierta, profunda y de aguas tranquilas.



Fotografía 4.- Caliza y lutita con horizontes arenosos de color crema, de estratificación delgada de 0.30 m. Formación Benevides (Kas Cz-Lu). Localidad cañón El Grado porción suroeste.

Dentro del área de estudio esta formación no tiene ninguna relación y no es muy favorable para alojar depósitos minerales.

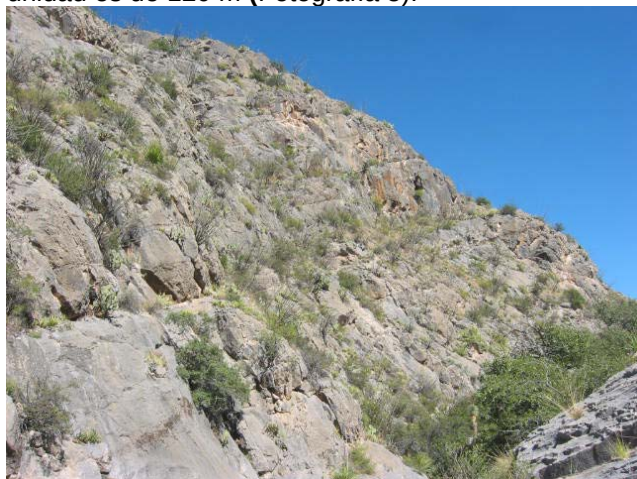
Formación Loma de Plata (Kasce Cz)

Amsbury (1954) propuso el término para una alternancia de caliza en estratos delgados y caliza café en estratos gruesos con bandas de pedernal que se encuentran entre las formaciones Benevides y Del Río y que afloran en el cañón Pinto, cerca de la mina Loma de Plata, en el condado de Presidio, Texas.

Aflora en la porción occidental de la carta, en los bordes suroeste y noreste de la sierra El Ocotillo y en la localidad Barrenos La Ciénega, en la porción suroeste en la localidad El Agostadero, en el cuadrante noreste aflora en las localidades Bordo El Pedregoso y El Palmar, en la porción sureste esta expuesta en el cerro La Boquilla Azul.

Constituida por una caliza de color gris en roca fresca e intemperiza a color beige, de textura rugosa y kárstica, con concreciones y nódulos de pedernal y fierro de color café, entre los estratos el pedernal se

presenta en bandas y lentes, contiene abundantes gasterópodos, rudistas, miliólidos y bioclásticos, el espesor de sus estratos va de mediano a grueso de 0.50 hasta 2.0 m. El espesor estimado para esta unidad es de 120 m (Fotografía 5).



Fotografía 5.- Formación Loma de Plata ubicada en el cerro La Boquilla Azul donde se presentan estratos gruesos de caliza color gris con pedernal.

La Formación Loma de Plata, sobreyace de forma concordante a la Formación Benevides y subyace de igual forma a la Formación Del Río. En la localidad Barrenos La Ciénega se presenta cubriendo a lutitas y calizas de la Formación Ojinaga por contacto tectónico por medio de una falla inversa (cabalgadura).

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Albiano superior-Cenomaniano. Se correlaciona con la Formación Georgetown del golfo de Sabinas y sur de Texas, con la Formación Cuesta del Cura del noreste de México (García, 1985). Esta unidad fue depositada en ambientes de plataforma media a externa en la que se desarrollaron algunos bancos de tipo arrecifal (Escamilla *et al*; 1991).

Dentro de la carta se manifiesta como una unidad muy favorable para el emplazamiento de la mineralización tanto por yacimientos minerales metálicos y no metálicos, emplazándose en ella manifestaciones minerales y estructuras de fluorita.

Cretácico Superior

Formación Del Río (Kce Lu-Cz)

Esta formación fue definida por Hill y Vaughan en 1898. Su localidad tipo se encuentra en la loma de la Cruz a 3 km al sur de Ciudad del Río, en el condado de Valverde, Texas.

Los afloramientos de esta unidad son muy reducidos y de espesores pequeños, se observa expuesta en la porción suroeste en el arroyo El Chupadero, en la parte centro norte en la localidad Barrenos La Ciénega, en la porción este, sobre el arroyo El Pájaro, y en porción sureste en las localidades de Corralitos y cerro La Boquilla Azul.

Corresponde a una alternancia de lutita calcárea deleznable y caliza de color gris, de estratos delgados (0.05-0.10 m) a laminares de color café, que por intemperismo adquieren una tonalidad verdosa, se le intercala una arenisca color café que intertemperiza a un color amarillo pardo con un alto contenido de turrítelas (aplostiche). La unidad se encuentra demasiado afectada por metamorfismo predominando un fracturamiento astilloso y de lápiz (Fotografía 6). El espesor de esta unidad no pasa de los 50 m. Descansa concordantemente sobre la Formación Loma de Plata. Su contacto superior también es concordante con la Formación Buda.



Fotografía 6.- Alternancia de lutita calcárea y caliza de color gris con intercalaciones de arenisca amarilla con un alto contenido de fauna. Localidad Barrenos La Ciénega. Vista al S 25° W.

Por su relación de campo así como por su contenido de fósiles, se le asigna una edad Cenomaniano, la

cual es correlacionable con la parte media de la Formación Cuesta del Cura del noreste de México y con la Formación Eagle Mountain del suroeste de Texas.

Estos sedimentos fueron originados en un ambiente nerítico de aguas profundas en una etapa regresiva, la presencia de areniscas calcáreas, refleja la influencia de corrientes de turbidez.

Dentro de esta unidad no se encontró relación alguna con manifestaciones de mineralización de importancia económica.

Formación Buda (Kce Cz)

Nombre propuesto por Vaughan (1900) designando un delgado intervalo de calizas y margas situadas a 30 km al norte del poblado de Buda, condado de Hays Country, Texas.

En las localidades del Granero y Chapo, se han identificado *Calcisphaerula innominata*, *Stomiosphaera conoidea*, *S. sphaerica*, *Pithonella ovalis*, *P. trejoi*. En la carta por sus características estratigráficas, litológicas y faunísticas se ubica en el Cenomaniano superior.

Aflora en la porción occidental en la localidad El Almagre, en la porción suroeste en la localidad El Agostadero, en la porción central en el Cerro Azul, en la parte este, se observa en la localidad de La Pinosa, al sureste se presenta en arroyo Corralitos y en el cerro La Boquilla Azul.

Esta formación corresponde a una caliza de grano fino de color gris crema en roca sana que intemperiza a un color amarillo a café. Se presenta en estratos delgados a medios de 0.20 a 0.60 m de espesor, se le observa abundante vetilleo de calcita rellenando fracturas, nódulos ferruginosos, contiene amonitas y fragmentos de briozoarios y ostrócopodos (Fotografía 7). Dentro de la carta el espesor de esta unidad no alcanza los 50 m.

En condiciones normales esta formación descansa concordantemente sobre la Formación Del Río y es cubierta de igual forma por lutitas y calizas de la Formación Ojinaga. De acuerdo a la presencia y el contenido faunístico dentro de esta unidad indican una edad de Cenomaniano inferior.

Se le correlaciona con la parte superior de la Formación Cuesta del Cura y la parte inferior de la Formación Indidura del noreste de México, con la Formación Mojado de las montañas Big Hatchet y corresponde con la parte superior del Grupo Washita del sur de Texas y con las formaciones Tamaulipas Superior y Caliza el Abra de la cuenca Tampico-Mizantla, así como con la Formación Aurora del golfo de Sabinas.



Fotografía 7.- Caliza en estratos delgados a medios de 0.20-0.40 m, de color gris-amarillo al intemperismo y gris en roca fresca, presenta vetilleo de calcita rellenando fracturas y nódulos de fierro. Localidad arroyo La Basura, porción sureste.

Por sus características litológicas se depositó en un ambiente nerítico externo de aguas profundas, en un periodo de relativa estabilidad tectónica.

Las condiciones geológico-mineras dentro de esta unidad no son favorables para albergar yacimientos minerales económicos.

Formación Ojinaga (Kcet Lu- Cz)

Burrows (1909) define por primera vez como Formación Ojinaga a los afloramientos que se encuentran en las cercanías de Ojinaga, Chih, y que consiste de una gruesa secuencia de lutita-caliza. Posteriormente Wolleben (1965) propone como Formación Ojinaga a una secuencia constituida por dos unidades. La unidad inferior consiste de una alternancia de caliza-lutita y la superior de lutita, que en conjunto representan un espesor de 1,395 m.

Esta unidad se encuentra ampliamente expuesta dentro del área de estudio y aflora en las localidades Hoya El Togado, Loma Prieta, noreste de sierra La Manzanilla, Barrenos La Ciénega, Cerro Azul, porción noroeste de Sierra Rica, El Almagre dentro del cuadrante centro noroeste, en el sureste aflora en las localidades La Madera, Corral del Barranco, El Fortín, Las Minas, Potrero de Ángulo, cerro Aguja Quemada y La Pinosa.

Consiste en una alternancia calcáreo-arcillosa, donde la caliza es tipo *wackestone* de color gris rojizo, gris claro a negro y crema, que por intemperismo adquiere un color amarillento ocre; de estratos delgados (10 a 20 cm), con intercalaciones de marga arcillosa y lutita negra, en estratos delgados a laminares; presentando ocasionalmente algunos horizontes de yeso y calcita, dentro de esta formación se tiene abundante fauna de inoceramus labiatus, amonitas y globigerínidos. Su espesor dentro de la carta se ha estimado en 470 m (Fotografía 8).



Fotografía 8.- Lutita de color gris oscuro de estratificación delgada a laminar, localidad arroyo La Adelaidita porción noroeste. Vista al N 39° E.

En diversas localidades dentro del estado de Chihuahua, se han identificado los fósiles: *Globotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Hedbergella amabilis*, *H. planispira*, *Rotalipora sp.*, radiolarios, *Inoceramus sp.*, amonitas y bioclastos.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Cenomaniano superior-Turoniano. Se correlaciona con la Formación Eagle

Ford del centro de Texas y con las formaciones Indidura y Agua Nueva del noreste de México.

Esta formación se depositó en un ambiente nerítico externo en facies de mar abierto con aporte de terrígenos.

Dentro de la carta, esta unidad se manifiesta como una unidad favorable para el emplazamiento de mineralización. En la mayor parte de estas localidades esta formación se encuentra afectada por cuerpos ígneos hipabisales tanto de composición riolítica como andesítica, que pudieran ser las rocas generadoras de la mineralización. Dentro de esta unidad se encuentran obras mineras de yacimientos metálicos y no metálicos como las obras mineras Dos Amigos, Los Ingleses, fluorita, así como pequeñas manifestaciones de carbón.

Formación San Carlos - Picacho

(Kcm Ar-Cgp)

Esta unidad ha sido estudiada y descrita por PEMEX donde reconoce dos de sus miembros los cuales separa en marino y continental; el primero corresponde a depositación marina donde se menciona que es una alternancia de arenisca y arcilla arenosa de color gris claro y gris café que intemperizan a crema grisáceo en capas delgadas, con diastificación. Localmente presentan concreciones de areniscas más resistentes a la erosión que el sedimento que las circunda. El miembro continental corresponde a areniscas arcillosas con diastificación de color amarillo grisáceo, con concreciones de arcosa lítica de color café y una arcilla limosa bentonítica de color amarillo verdoso, amarillo grisáceo y café amarillento, conteniendo bandas de carbón y lutitas carbonosas.

Aflora principalmente en el cuadrante noroeste de la carta en las localidades El Milpillal, Los Lirios, El Mimbres, La Agüita, El Rincón y El Puerto. Constituida por arenisca de grano fino a grueso, principalmente de cuarzo, se presenta bien clasificada y gradada, con estructuras primarias y estratificación cruzada, contiene madera y huesos fosilizados, es de color gris a café claro en roca sana e intemperiza a un color amarillo ocre, con capas de 5 a 30 cm de espesor, con horizontes de arenisca calcárea de color gris a gris amarillento, de estratificación delgada a media, con vetillas rellenas de calcita; alternando con lutita y lutita calcárea de color verde

olivo, grisáceas a crema, fracturamiento astilloso y de lápiz, predominando hacia la base de ésta formación la arenisca y hacia la cima la lutita, La formación es afectada por una serie de diques de origen fisural de composición ácida a intermedia de grano grueso, con espesores de hasta 1.0 m y longitudes no mayores a los 30 m (Fotografía 9). El espesor estimado dentro de esta carta es de aproximadamente 220 m.



Fotografía 9.-Arenisca de color amarillo de estratificación cruzada, de estratos delgados de 0.10 a 0.60 m. Localidad porción norte del rancho La Agüita. Vista al N 40° E.

Su contacto inferior es discordante con la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Cz), mientras que su contacto superior se presenta erosionado y cubierto por depósitos de material de relleno que son producto de la erosión de los diferentes tipos de rocas que integran las unidades orográficas de la región y sus componentes clásticos consisten de una gran variedad de rocas ígneas y sedimentarias (Qho gv-ar).

Con base en la relación estratigráfica que guarda con respecto a la Formación Ojinaga, características litológicas y a la esquistocidad de fractura que presenta se le asigna tentativamente una edad del Cretácico superior. (Coniaciano – Maastrichtiano). Se correlaciona con las formaciones Black Peak del parque nacional del Big Bend de E.U., San Carlos en el este de Chihuahua, y Tarahumara del estado de Sonora. Así como también es correlacionable con la Formación Austin del noroeste de México y San Felipe de la región de Galeana, N. L.

Por sus características litológicas y su escasa fauna se interpreta que esta formación se depositó en ambientes de aguas someras por corrientes rápidas y bajo condiciones desfavorables para el desarrollo de vida marina. No se reconocieron manifestaciones de minerales metálicos dentro de esta unidad, pero esta relacionada con pequeñas estructuras tipo manto de carbón.

Terciario Paleoceno-Eoceno

Conglomerado polimíctico - Toba riolítica

(Tpae Cgp-TR)

El nombre de esta formación fue propuesto por Udden en 1907, para designar una asociación de capas volcánicas en la sierra de Chisos, Condado de Brewster, Texas.

Pemex define esta unidad de la base a la cima y la separa en cuatro miembros. El primero lo constituye un derrame de basalto de piroxeno de textura porfídica con matriz afanítica, de color verde oscuro que intemperiza a café oscuro; el segundo miembro está constituido por una arcilla arenosa de color crema grisáceo débilmente consolidada, derivada de un vitrófido ignimbrítico desvitrificado; el tercer miembro corresponde a una ignimbrita de composición traquítica, de color gris oscuro a negro, constituida por fragmentos alargados de roca vítrea deformados y soldados; el cuarto miembro está constituido por una arcilla débilmente consolidada, de color blanco grisáceo claro, derivada de un vitrófido ignimbrítico, en el cual se aprecian fragmentos alargados de roca desvitrificada a minerales arcillosos.

Esta unidad aflora en la porción centro septentrional de la carta en la localidad El Puerto, al noreste de la sierra El Mulato. Su máxima expresión aflorante se presenta en la parte central, extendiéndose de poniente a oriente, aflorando en las localidades de Hugo, sierra La Manzanilla, La Adelaida, El Carrizal, cerro de En Medio, cerros Prietos, El Togado, La Madera, Sierra Rica, La Damiana, El Pinal, Aguja Colorada, Cordón La Piña, Agua de los Caballos, La Piña, Corralitos, en las inmediaciones del cerro La Bandera, en los cerros Aguja El Árbol y Aguja Boluda.

Está constituida principalmente por fragmentos subredondeados de caliza y en menor grado de

arenisca, moderadamente consolidados dentro de una matriz calcáreo arenosa, que se presentan en formas subangulosas a subredondeadas y en tamaños de 1 a 13 cm de diámetro, constituyendo estratos medianos de 2 a 4 m de espesor.

Localmente, dentro de esta unidad se diferenciaron tres unidades litológicas, las cuales constan de tobas arenosas, tobas líticas e ignimbritas, todas de composición riolítica.

Dentro de la carta corresponde a una sucesión de toba arenosa de composición riolítica de color crema a gris claro, estructura compacta, contiene abundantes líticos de riolita y en menor proporción andesita. Los líticos varían de 0.5 a 30 cm de espesor. Además de los fragmentos líticos, la toba contiene cristales de plagioclasa, minerales máficos y cristales de cuarzo. En la porción poniente al suroeste de la sierra El Ocotillo la toba consiste de arena volcánica depositada por agua, con abundantes partículas de pómez blanca, por lo regular se presenta como un depósito poroso, débilmente endurecido, que ocurre en capas de 10 a 40 cm de espesor (Fotografías 10 y 11). En su base, por lo general, se presenta un paquete de toba de estructura masiva, color morado claro, toba arenosa color rojo así como un paquete de ignimbrita color rosa, textura afanítica, con abundantes fenocristales de biotita, todos intercalados entre sí.



Fotografía 10.- Arena volcánica con abundante pómez blanca, que se presenta como un depósito poroso débilmente consolidado. Localidad porción suroeste de la sierra El Ocotillo.

Algunos intervalos de ignimbrita son de color gris claro a verdoso y rosáceo, con algunos líticos de 1 a

5 cm de andesita, riolita y pómez colapsada, en algunos intervalos macroscópicamente se observa que la matriz esta compuesta por una proporción menor de esferulitas que miden 2 mm de diámetro.

Su espesor se estima por diferencias topográficas que varía entre 250 a 300 m.



Fotografía 11.- Toba riolítica de color blanco altamente intemperizada, coronada por un paquete de ignimbrita y toba riolítica. Localidad sierra La Manzanilla.

Sobreyace en discordancia erosional a la unidad de arenisca y conglomerado de la Formación San Carlos - Picacho (Kcom Ar-Cgp) y subyace discordantemente a la unidad de ignimbrita y toba riolítica de la unidad (To Ig-TR) correlacionable con la Formación South Rim y es afectada por un cuerpo subvolcánico de composición riolítica (To PR). De acuerdo a su posición estratigráfica que guarda con la unidad (Kcom Ar-Cgp) se le ha asignado una edad de Terciario Paleoceno-Eoceno.

La alternancia irregular de los componentes de esta unidad y de acuerdo a las observaciones de campo, se cree que esta unidad se originó en un medio de erupciones de excepcional violencia con abundante material, representado por productos de caída aérea o flujo de ceniza, cuya dispersión es lejana con respecto al centro emisor, lo cual se refleja en una marcada pseudoestratificación a través de un régimen de esfuerzos de características predominantemente extensivas que provocaron el emplazamiento y distribución de numerosas nubes ardientes, que aportaron los fragmentos piroclásticos de esta unidad y algunas tobas se depositaron en un medio acuoso.

Sus condiciones geológico-mineras son nulas debido a su inconsistencia en la alternancia y en lo delgado que son los paquetes que la conforman por lo que solo se podría utilizar como material de revestimiento de caminos.

Terciario Oligoceno

Ignimbrita – Toba riolítica

To Ig-TR (Formación South Rim)

Este nombre ha sido utilizado para describir un potente conjunto de lavas, brechas de derrame, rocas piroclásticas y conglomerados que estratigráficamente sobreyacen a las rocas volcánicas de la Formación Chisos. Es posible distinguir tres unidades litológicas claramente distintivas las cuales son utilizadas como unidades índice que en orden ascendente corresponden a una ignimbrita de composición riolítica que constituye la base de esta formación; un conglomerado polimíctico que corresponde a la unidad volcánica y la tercera unidad corresponde a una ignimbrita de composición riolítica que en la región de San Carlos, constituye la cima de la Formación South Rim, la cual ha sido correlacionada con la Toba Santana.

En el área de San Carlos el espesor máximo de esta formación es de 490 m, medidos en forma compuesta en las sierras de La Mora y El Matadero. Contiene cinco unidades litológicas que a continuación se describen de la base a la cima de la formación.

Primeramente hacia la base se tiene una ignimbrita cristalina riolítica de color rojizo claro con textura eutaxítica porfídica, constituida por fragmentos rotos y deformados de sanidino en su mayoría, contiene además cristales de anortoclasa, biotita, magnetita, apatito. Esta unidad ha sido correlacionada con la Toba Mesa Mitchell.

Continúa con un conjunto de rocas volcánicas en el que predominan los flujos basálticos de piroxeno con variedades amigdaloides y vesiculares de colores gris oscuro, gris amarillento, gris rojizo, gris claro, café y verde oscuro, con intercalaciones delgadas de areniscas, conglomerados y tobas.

Posteriormente se tiene un conglomerado polimíctico de color blanco grisáceo, de moderado a

fuertemente consolidado, compuesto por fragmentos redondeados a subredondeados y subangulosos, con espesores de 5 a 90 centímetros cementados por una arenisca que constituye aproximadamente el 50% de la roca. Hacia la base de esta unidad disminuyen los fragmentos de grava y aumentan los de arenas, constituyendo una arenisca derivada de una toba vítrea riolítica.

Cubriendo al conglomerado se presentan pequeños derrames de composición andesítica de color verde grisáceo, de textura microlítica pilotaxítica, constituida por microlitos de oligoclasas y andesina. Además presenta augita y magnetita, intemperiza a café oscuro.

Hacia la cima se tiene una ignimbrita lítica de color gris crema de textura eutaxítica, constituida por fragmentos alargados de roca que se observan reemplazados por cuarzo cristalino. Contiene también, fragmentos deformados y corroídos de cuarzo, sanidino y anortoclasa. Esta unidad ha sido correlacionada con la Toba Santana.

Dentro de esta carta esta unidad corresponde a una secuencia de rocas volcánicas piroclásticas de composición ácida, se caracteriza por la predominancia de las ignimbritas sobre las tobas riolíticas.

Es la secuencia volcánica más distribuida y se encuentra aflorando en la porción central de la carta en la localidad Sierra Rica, en la porción noreste en la sierra El Mulato, en la porción norte en el cerro El Toro y en la porción poniente en la sierra La Manzanilla.

La ignimbrita se presenta bien consolidada, de composición ácida, textura piroclástica, con fenocristales de vidrio, plagioclasas, ceniza, cuarzo y feldespatos alterados, con presencia de pómez, presentando un color de rosáceo, amarillo ocre a café rosáceo, con fenocristales de cuarzo y feldespato. La toba es de color rosáceo a blanco en roca fresca y amarillo a ocre como producto del intemperismo, es de composición ácida, pseudoestratificada, se le observa gradación entre los cristales de cuarzo, y esta constituida por fragmentos de vidrio, cuarzo, feldespato alterado (caolín), biotita y hematita; sobre algunos horizontes se observan concreciones de toba riolítica rodeando a la ignimbritas, estos depósitos pueden

corresponder a diferentes emisiones volcánicas en el lugar (Fotografía 12).



Fotografía 12.- Panorámica mostrando el paquete de ignimbritas el cual se encuentra cubriendo a tobas riolíticas y conglomerados. Localidad cerro El Toro.

Se le observa descansando discordantemente sobre tobas riolíticas y conglomerados y es cubierta discordantemente por un paquete de conglomerado polimíctico con alternancia de basaltos de la unidad (Tm Cgp-B).

De acuerdo a su posición estratigráfica con respecto al resto del paquete volcánico se le ha asignado una edad tentativa del Oligoceno.

La alternancia irregular de los componentes de esta unidad esta demostrando que su origen es del tipo explosivo con periodos de actividad volcánica relativamente tranquila, depositado en un ambiente continental. Dentro de la carta esta unidad no presenta relación con minerales de carácter económico.

Pórfido Riolítico (To PR)

Es una roca hipabisal de composición ácida, compacta y dura de textura porfídica, de color gris claro, café y rojizo demasiado alterado, con tintes blancos y amarillentos, con mineralogía de cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos, en una matriz de grano fino de composición cuarzo - feldespática (Fotografía 13).

Esta unidad se encuentra aflorando en la porción centro sur y este de la carta en las localidades,

arroyo La Cantera, Bordes Los Columpios, El Agua de la Loca, arroyo El Llano, El Gatún, El Pino, arroyo El Bronce, cañón El Agua, Potrero de Ángulo, cerro El Capulín, cerros Colorados y cerros Los Fresnos.



Fotografía 13.- Flujos verticales del pórfido riolítico que se presenta en estructuras dómicas aglutinadas. Localidad El Agua de la Loca.

Para estudio petrográfico fueron colectadas 8 muestras de esta unidad de las localidades Bordo El Pedregoso (LM-90), El Pedregoso (LM-98), Bordo Colorado (LM-112), Aguja Colorada (LM-113), Aguja Colorada (LM-114), Aguja de Anda (LM-122), El Gatún (LM-159) y El Bronce (LM-226).

La muestra LM-90 fue clasificada como una riolita, de origen ígneo extrusivo, megascópicamente la roca es de color gris claro, estructura compacta, masiva, textura afanítica, con una mineralogía de óxidos de hierro y cuarzo. Sus componentes principales son vidrio volcánico (75%) de forma amorfo, el cual forma parte de la matriz de la roca, presenta una desvitrificación a cuarzo microcristalino y hematita; cuarzo (5-25%), se presenta de forma anhedral en microcristales formando parte de la matriz de la roca, presenta diminutas inclusiones de apatito; feldespato potásico (-5%) con una microtextura anhedral, en microcristales asociado con los cristales de cuarzo en sus bordes; mineral opaco (-5%) de forma anhedral, disperso en la matriz de la roca, alterándose a hematita; apatito (-5%) de forma ehedral incluido en los cristales de cuarzo. Los componentes secundarios están constituidos por cuarzo (-5%) producto de la alteración del vidrio volcánico y hematita (-5%) producto de la alteración del vidrio volcánico y del mineral opaco.

La muestra LM-98 se clasificó como una riolita con biotita fuertemente silicificada, de origen ígneo extrusivo. Megascópicamente la roca es de color crema rosáceo, estructura compacta, textura afanítica, con una mineralogía de hematita, biotita, feldespato, cuarzo y sílice. Sus minerales esenciales son cuarzo (45%) de forma anhedral que se encuentra formando parte de la trama, muestra extinción recta asociado a través de sus bordes con los feldespatos; ortoclasa (26%), se presenta en microcristales que se encuentran como formadores de roca, asociadas con cuarzo fuertemente silicificados; biotita (4%) se tiene dispersa en la trama, muestra hábito lamelar, alterándose a hematita a través de sus planos de clivaje; hematita (2%), dispersa en la trama, producto de alteración de biotita a través de sus planos de clivaje. El mineral secundario está constituido por sílice (23%) que se encuentra fuertemente alterando la roca a través de sus zonas de debilidad y reemplazando a los feldespatos.

La muestra LM-112 fue clasificada como una andesita porfírica, de origen ígneo extrusivo, de color gris claro, estructura compacta, masiva, textura porfiroafanítica, mineralogía de plagioclasas, óxidos de hierro y calcita. Microscópicamente la roca tiene una microtextura porfídica, glomeroporfídica, sus componentes principales son plagioclasas (50-75%) de forma subhedral, de la variedad albíta-oligoclasa en micro y fenocristales. Los microcristales forman parte de la mesostasis de la roca, los fenocristales presentan en sus planos de exfoliación y microfracturamiento un reemplazamiento parcial por hematita y calcita; vidrio volcánico (5-25%), amorfo formando parte de la matriz de la roca, presenta una desvitrificación a cuarzo microcristalino y alteración a hematita; anfíbol (-5%) de forma subhedral disperso en la matriz de la roca, presenta un reemplazamiento parcial por hematita; mineral opaco (-5%) de forma subhedral a anhedral dispersos en la mesostasis de la roca, presenta en sus bordes una alteración a hematita. Los componentes secundarios están constituidos por cuarzo (-5%) microcristalino amorfo, producto de la desvitrificación del vidrio volcánico; hematita (-5%) como alteración del vidrio volcánico y rellenando los microfracturamientos de las plagioclasas; calcita (-5%) en la matriz de la roca y en los planos de exfoliación de las plagioclasas.

La muestra LM-113 se clasificó como una dacita de origen ígneo extrusivo, de color ocre, estructura compacta, masiva, textura porfiroafanítica y con una

mineralogía de cuarzo, feldespatos y óxidos de hierro; microscópicamente la roca presenta una microtextura porfídica, tiene como componentes principales vidrio volcánico (25-50%) de forma amorfo formando parte de la matriz de la roca; plagioclasa (5-25%) de forma subhedral de la variedad albíta-oligoclasa, en micro y fenocristales, los microcristales forman parte de la matriz de la roca, los fenocristales presentan su maclado polisintético, existe un reemplazamiento por óxidos de hierro en sus planos de clivaje; cuarzo (5-25%) de forma subhedral en microcristales asociados en sus bordes con plagioclasas, presenta sus bordes irregulares; mineral opaco (-5%) de forma anhedral disperso en la matriz de la roca, alterándose a hematita. Los componentes secundarios los constituyen cuarzo (5-25%) que se presenta rellenando las pequeñas cavidades existentes en la roca y hematita (-5%) producto de la alteración de los minerales opacos, y en la matriz de la roca.

La muestra LM-114 fue clasificada como una toba riolítica vitrocrystalina de origen piroclástico, de color ocre, estructura compacta, masiva, textura porfiroafanítica, con mineralogía de cuarzo, feldespatos y mica, microscópicamente la roca presenta una microtextura porfídica, sus componentes principales son vidrio volcánico (25-50%) de forma amorfo formando parte de la matriz de la roca, alterándose a hematita; feldespato potásico (5-25%) de forma subhedral en micro y fenocristales formando parte de la matriz de la roca, alterándose a illita; plagioclasa (5-25%) de forma subhedral en micro y fenocristales, los fenocristales presentan maclado polisintético, alterándose en su maclado por hematita; cuarzo (5-25%) de forma anhedral en microcristales en la matriz de la roca, se asocia con los cristales de feldespatos; biotita (-5%) dispersa en la matriz de la roca, presenta un reemplazamiento por hematita en sus planos de clivaje. Sus componentes secundarios son hematita (-5%) se encuentra en la matriz de la roca y reemplazando a los cristales de biotita en sus planos de clivaje; cristobalita (-5%) producto de la desvitrificación del vidrio volcánico e illita (-5%) derivada de la alteración de los feldespatos.

La muestra LM-122 fue clasificada como una andesita porfírica de origen ígneo extrusivo, de color gris claro, estructura compacta, masiva, textura porfírica, mineralogía de plagioclasas y vidrio volcánico; microscópicamente los componentes primarios están constituidos por plagioclasa (50-

75%) en forma subhedral de la variedad albíta oligoclasa, se presenta en micro y fenocristales, los microcristales forman parte de la mesostasis de la roca, los fenocristales están dispersos sobre la matriz de la roca, se observa con maclado polisintético y con microfracturas rellenas por hematita y calcita; vidrio volcánico (-5%) de forma amorfo, formando parte de la matriz de la roca, esta alterándose a illita y hematita; feldespato (-5%) de forma subhedral en microfenocristales, presenta reacción con la mesostasis de la roca formándose engolfamientos; mineral opaco (-5%) de forma subhedral, disperso en la matriz de la roca alterándose en sus bordes a hematita. Los componentes secundarios los constituyen hematita (-5%) producto de la alteración del vidrio volcánico; illita (-5%) se presenta en la matriz de la roca; y calcita (-5%) relleno de las microfracturas de los cristales de las plagioclasas.

La muestra LM-159 fue clasificada como una andesita porfírica de origen ígneo extrusivo, de color gris, estructura compacta, masiva, textura porfoafánita, con mineralogía de plagioclasas, óxidos de hierro y calcita; sus componentes principales son: plagioclasas (50-75%) de la variedad albíta-oligoclasa, en micro y fenocristales, los microcristales están formando parte de la matriz de la roca, los fenocristales se les observa con maclado polisintético y microfracturas rellenas por hematita y calcita; vidrio volcánico (5-25%) de forma amorfo, formando parte de la matriz de la roca desvitrificándose a cuarzo microcristalino e illita; feldespato (-5%) de forma subhedral en microcristales, asociado con plagioclasas, presenta en sus bordes una alteración a illita; mineral opaco (-5%) de forma subhedral dispersos en la mesostasis de la roca, presenta una alteración en sus bordes a hematita. Los componentes secundarios son: cuarzo (-5%) en microcristales como producto de la alteración del vidrio volcánico; calcita (-5%) en las microfracturas de los cristales de las plagioclasas; hematita (-5%) como producto de la alteración del mineral opaco y relleno de las microfracturas de las plagioclasas; illita (-5%) producto de la alteración de los feldespatos.

La muestra LM-226 fue clasificada como una andesita porfírica de plagioclasas y piroxenos de origen ígneo extrusivo, color gris con puntos blancos, estructura compacta, masiva, textura porfídica, mineralogía de plagioclasas y ferromagnesianos; microscópicamente la roca tiene una microtextura

porfídica, glomeroporfídica; como componentes principales contiene: plagioclasas (50-75%) en forma subhedral en micro y fenocristales, los microcristales forman lo que es la matriz de la roca, los fenocristales se presentan dispersos y asociados con cristales de piroxeno, presentan en sus planos de clivaje un reemplazamiento por óxidos de hierro y calcita, el tipo de macla es polisintético combinado con el de Carlsbad, se le observa con diminutas inclusiones de mineral opaco; vidrio volcánico (5-25%) de forma amorfo formando la matriz de la roca, alterándose a illita; piroxeno (-5%) de forma subhedral en micro y fenocristales de la variedad augita, presenta sus planos de exfoliación con reemplazamiento a hematita, se asocia en sus bordes con plagioclasas para formar una textura glomeroporfídica; mineral opaco (-5%) de forma subhedral disperso en la matriz de la roca, alterándose en sus bordes a hematita. Los componentes secundarios son: hematita (-5%) se tiene en las microfracturas y planos de exfoliación, que presentan las plagioclasas y ferromagnesianos; calcita (-5%) relleno de los microfracturamientos de las plagioclasas; illita (-5%) producto de la alteración del vidrio volcánico.

Este cuerpo se encuentra intrusionando al paquete de rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior. En base a las relaciones de campo se le ha asignado una edad tentativa del Oligoceno medio. Es correlacionable a nivel regional con la serie de rocas hipabisales que afloran en la zona.

Durante el Oligoceno tuvo lugar una etapa de reactivación de la actividad magmática, emplazándose cuerpos hipabisales de composición riolítica y textura porfídica. El emplazamiento de éste cuerpo subvolcánico, es posible que pueda deberse a la formación de una caldera de explosión en donde hubo recalentamiento de los fluidos magmáticos ascendiendo a través de las dislocaciones circulares y radiales, específicamente a través de los nudos de su intersección.

Esta unidad es importante en el aspecto económico minero, las condiciones geológico-mineras para realizar trabajos de exploración son muy favorables, ya que en ella se encuentran emplazadas algunas estructuras mineralizadas y zonas de alteración con silicificación y oxidación, además de contener diseminaciones de pirita en las porciones centro sur y este de la carta.

En base a las observaciones de campo y por su relación estratigráfica se le asigna una edad del Oligoceno, es correlacionable con la serie de domos de la misma composición existentes en el área.

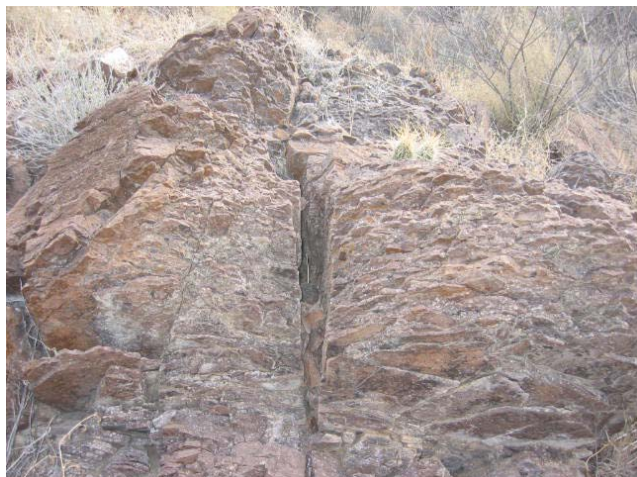
Se considera que estos cuerpos se emplazaron en un ambiente de tectónica extensional, a partir de pequeñas cámaras magmáticas en niveles altos de la corteza, en zonas donde la inyección del magma máfico es alta y sobre un sistema de caldera.

Estos cuerpos son importantes en el aspecto económico – minero ya que se tienen importantes zonas de alteración dentro de estos y hacia sus alrededores.

Terciario Oligoceno

Dacita (To Da)

Es una roca volcánica de composición ácida, compacta y dura, de color morado en roca fresca y rojo a café al intemperismo, de grano fino, textura entre afanítica y porfídica, con cuarzo en forma de fenocristales redondeados corroídos, o como elemento principal de su matriz, además contiene feldespatos, plagioclasas, biotita, hornblenda y piroxenos (augita o enstatita) y un alto contenido de óxidos de hierro (Fotografía 14).



Fotografía 14.- Flujo dacítico de textura fluidal, emplazado por una zona de fracturamiento y fallamiento. Localidad porción noroeste de la sierra La Manzanilla.

Aflora en las porciones noroeste, sur y sureste de la carta en las localidades al noroeste de la sierra La

Manzanilla, Loma Prieta, cerro La Bandera, Aguja Boluda y Aguja El Árbol.

Dentro de la carta esta unidad está conformada por un conjunto de rocas fundidas que fueron emitidas en una erupción volcánica, bien como coladas con distinto grado de viscosidad o como piroclastos. Las coladas de lava se enfriaron y solidificaron al correr sobre la superficie del terreno. Su composición se encuentra con variación entre andesita, traquita y riolita, contiene abundante vidrio y fenocristales de cuarzo automorfo, plagioclasas y minerales ferromagnesianos.

La riolita presenta una coloración parda a rosa claro, la mayor parte tiene buena estructura fluidal con hileras de vesículas, y otras sin vesículas y sin estructura fluidal. Presentan fenocristales de cuarzo y sanidino; el mineral máfico principal es la biotita y en menor proporción la hornblenda que ocurre en forma de cristales prismáticos de color verde muy pequeños. La matriz es cristalina y está compuesta en gran parte por cuarzo y feldespato potásico (Fotografía 15).



Fotografía 15.- Riolita con flujo bandeado hacia las partes externas se observan vitrificados y litofisas, presentando como alteración sílice amorfo, vetillas de magnetita y calcedonia como producto de la recrystalización de la fase de vapor.

Algunos derrames de estructura fluidal y vesículas contienen capas de esferulitas, algunas vesículas están tapizadas por cristales de cuarzo. Presenta textura holocristalina a microcristalina, la cual cuando está desvitrificada presenta desarrollo de pliegues de flujo, mientras que hacia las partes centrales se

presentan flujos de vitrófido y calcedonia en forma de litofisas.

Está constituida en su núcleo por riolitas con flujo bandeado hacia las partes externas se observan vitrófidos y litofisas, presentando como alteración sílice amorfa, vetillas de magnetita, hematita, algo de caolinita y calcedonia como producto de la recristalización de la fase de vapor.

Se encuentra afectando al paquete de rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior y es cubierta concordantemente por un basalto de la unidad (To B). Con base en las relaciones de campo se le ha asignado una edad tentativa del Oligoceno medio. Es correlacionable a nivel regional con la serie de rocas volcánicas de edad Terciario que afloran en la zona.

Su ambiente de depósito corresponde a la etapa de reactivación de la actividad magmática desarrollada durante el Oligoceno, a partir de un patrón fisural de forma abundada a través del cual se emplazo hacia ambos lados de la fisura (fallas con componente lateral), una serie de productos piroclásticos que aprovecharon los conductos en las últimas etapas de la actividad magmática, continuamente se originaron una serie de derrames de lava que formaron lóbulos extensos de lava fluidal.

Esta unidad es importante en el aspecto económico – minero, las condiciones geológico-mineras para realizar trabajos de exploración son muy favorables, ya que presenta una intensa silicificación y oxidación en los afloramientos donde esta expuesta.

Basalto (To B)

Corresponde a una roca basáltica ígnea extrusiva de composición básica, de color gris oscuro a negro con manchas blancas, textura afanítica, con vesículas rellenas de calcita, feldespatos, piroxenos y óxidos de hierro.

Aflora en la porción centro - este de la carta, en la localidad cerro Prieto y en la porción sureste, se manifiesta en tres localidades que se ubican al norte del cerro Aguja el Árbol.

Consiste de una roca de color gris oscuro a negro en roca sana, al intemperismo adquiere una tonalidad rojiza, es de estructura compacta y textura afanítica,

se le observa mineralogía constituida por feldespatos, ferromagnesianos y óxidos de hierro.

Se presenta a manera de lacolito que corresponde a una intrusión ígnea concordante postulada a manera de diques, introducidos a la fuerza bajo gran presión y penetrando paralelamente o casi paralelamente a los planos de estratificación de las formaciones invadidas, caracterizadas por su espesor muy irregular, se cree que esta unidad a sufrido empuje posterior a su solidificación, por lo que rompe a través de las demás rocas formándose fallas laterales que se presentan dentro del área de estudio. Su espesor no pasa de los 100 m en las localidades donde aflora.

Esta unidad se encuentra afectando a rocas del Cretácico superior y a las unidades volcánicas del Paleoceno – Eoceno y Oligoceno, y cubre discordantemente a la unidad de dacita (To Da), es cubierta discordantemente por conglomerado polimíctico – basalto de la unidad (To Cgp-B). Su espesor es menor de 100 m en las localidades donde aflora.

Se deduce que esta unidad posiblemente esté asociada o corresponda al último fallamiento normal ocurrido entre 24 a 20 Ma, el cual sirvió como conducto para la última emisión de lava basáltica; lo cual representa la evolución de una tectónica activa en la zona ocasionada en el Oligoceno.

Dentro de la carta no se observa mineralización asociada a estas rocas, pero es posible que se utilice como agregados pétreos a baja escala para revestimiento y para la construcción.

Terciario Mioceno

Conglomerado Polimíctico – Basalto (Tm Cgp – B)

Es un conglomerado constituido por clastos de basalto, riolita, caliza y arenisca, en forma subredondeado a redondeado, de 1 a 20 cm de diámetro, se le observa gradación y se encuentra cementado por calcita y material arenoso, hacia su cima en algunas localidades. Se trata de una alternancia de conglomerado polimíctico el cual se encuentra alternando con basaltos y tobas arenosas.

Se encuentra ampliamente expuesta en la porción centro oeste de la carta en las localidades de los arroyos Agua de la Nopalera, El Alamito, El Arenoso,

El Saucito, La Tijera, Los Chivos, El Mezquite, Las Moras, El Solitario, Las Borregas, Las Tinajas, El Almagre, La Boquilla Colorada, Tinaja del Rancho, El Saucito y Loma La Riñonada.

Es clasificado como un conglomerado alterado de origen vulcanosedimentario, de color café claro, gris, verde y amarillo, estructura compacta y dura, textura vulcanoclástica. Constituido por fragmentos de roca de origen ígneo (cuarzofeldespático, feldespático y vítreo) y sedimentario con agregados alterados, hematizados, reemplazados por minerales opacos, rodeados por una matriz originalmente vítrea; el vidrio está formando la matriz original de la roca la cual se observa parcialmente desvitrificada (Fotografía 16).

Cubre discordantemente al paquete de rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior y es cubierta concordantemente por rocas piroclásticas de la unidad Tm TR-Ig.

Basándose en las evidencias de campo y a que no existen dataciones de dicha alternancia de conglomerados y basaltos, se decidió para el presente trabajo asignarle una edad tentativa del Mioceno tardío.



Fotografía 16.- Conglomerado constituido por líticos de rocas volcánicas y caliza cementados por material arenoso de color beige. Localidad El Almagre.

Dentro del área de estudio no se observó relación alguna con ningún tipo de mineralización, pero pueden ser usados como agregados pétreos para recubrimiento de caminos.

Toba riolítica – Ignimbrita (Tm TR-Ig)

Esta unidad litológica corresponde a un paquete de rocas piroclásticas donde la sucesión volcánica consta de tobas riolíticas, tobas arenosas e ignimbritas, horizontes de tobas vítreas, tobas líticas y brechas.

Aflora principalmente en la porción suroeste de la carta en las localidades La Gotera, arroyo La Cuesta Blanca, Las Quebradas, La Cueva y Tinaja de Mancha.

Esta unidad es una sucesión de toba arenosa de composición riolítica de color crema a gris claro, compacta, con abundantes líticos de riolita y en menor proporción andesita. Los líticos varían de 0.5 a 3 cm de espesor. Además de los fragmentos líticos, la toba contiene cristales de plagioclasa, minerales máficos y cristales de cuarzo. En ciertos sitios la toba consiste de arenas volcánicas depositadas por agua, con abundantes partículas de pómez blanca, por lo regular se presenta como un depósito poroso, débilmente endurecido, que ocurre en capas de 10 a 40 cm de espesor.

En su base, por lo general, se presenta un paquete de tobas de estructura masiva de color morado claro, tobas arenosas color rojo así como un paquete de ignimbrita color rosa de textura afanítica con abundantes fenocristales de biotita, todos intercalados entre sí.

Se encuentra cubriendo discordantemente a rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior, y cubre concordantemente al paquete de conglomerado polimíctico – basalto de edad Mioceno.

De acuerdo a las observaciones de campo, se cree que esta unidad se originó en un medio de erupciones de excepcional violencia con abundante material, representado por productos de caída aérea o flujo de cenizas, cuya dispersión es lejana con respecto al centro emisor, lo cual se refleja en una marcada pseudoestratificación a través de un régimen de esfuerzos de características predominantemente extensivas que provocaron el emplazamiento y distribución de numerosas nubes ardientes, que aportaron los fragmentos piroclásticos de esta unidad y algunas tobas se depositaron en un medio acuoso.

Dentro de esta unidad no se encontró relación alguna con manifestaciones de mineralización de importancia económica.

Cuaternario Holoceno

Grava - Arena (Qho gv – ar)

Estos depósitos son producto de la erosión de los diferentes tipos de rocas que integran las unidades orográficas de la región y sus componentes clásticos consisten de una gran variedad de rocas ígneas y sedimentarias.

Ocurren en forma de abanicos aluviales, en los lomeríos que se tienen en la porción noreste de la carta, sobre la traza de la carretera que conduce a la cabecera municipal de Manuel Benavides en las inmediaciones de las localidades Los Alamitos, Cinco Hermanos y El Diamante. También se encuentra ampliamente expuesta en la porción noroeste en las localidades El Presón y Hoya El Togado.

La litología de estos depósitos es variable, claro que depende mucho de la fuente de donde se derivan, su granulometría varía desde cantos rodados hasta arenas, comúnmente estos depósitos ocurren en forma de lentes o canales dentro de otros depósitos mas finos de arenas y limos calcáreos, en parte consolidados ó cementados por material arenoso, o en ocasiones sin consolidar. El espesor es muy variable y se puede observar desde un metro en los cortes de los arroyos a varios metros en las partes de mayor depresión (Fotografía 17).

Esta unidad se observa sobreyaciendo en forma discordante a las unidades del Terciario Mioceno constituidas por tobas riolíticas e ignimbritas y conglomerados intercalados con basaltos.

Por sus relaciones estratigráficas se interpreta que son post-Neógeno, no se encontraron fósiles de algún vertebrado de los que comúnmente ocurren en algunas otras áreas con depósitos similares que han reportado mamut o bisontes.

El ambiente de depósito de este material se da por una erosión muy intensa asociada a una inestabilidad diastrófica tanto en el área de origen como en el sitio de depósito pudiéndose reconocer además de los abanicos aluviales, zonas de terrazas. Esta unidad puede servir como proveedora

de materiales pétreos, arena y grava, así como confinante de acuíferos.



Fotografía 17.- Gravas y arenas constituidas por rocas volcánicas y sedimentarias dispuestas caóticamente en un corte de aproximadamente 8 metros sobre la carretera que conduce al poblado de Manuel Benavides.

Limo - Arena (Qho lm – ar)

Los depósitos aluviales constituyen acumulaciones de material de origen fluvial, producto de la intensa erosión de las formaciones volcánicas terciarias con su posterior transporte y depósito, lo cual ha originado la formación de planicies aluviales. Está formado por clásticos subredondeados a redondeados con un rango granulométrico muy amplio de limos y arcillas.

Esta unidad se observa expuesta en la porción sur de la carta en las localidades Llano Amapolas y al sur del cerro El Chayote.

Su espesor alcanza de 10 a 20 m e incluyen a todos los sedimentos no consolidados que en su base fueron depositados desde el Cuaternario.

La edad asignada para los depósitos recientes que se encuentran rellenando el sistema de semi fosas tectónicas es del Cuaternario Holoceno. Se le considera de poco interés prospectivo, su aplicación es como confinante de acuíferos en la región.

Aluvión (Qho al)

Los depósitos de aluvión son producto de la alteración, erosión y desintegración de las rocas preexistentes, así como material de transporte aluvial, tales como limo, arcilla, grava fina y arena, que por lo general se encuentran rellenando las porciones bajas como márgenes de arroyos y depresiones, formando depósitos residuales, abanicos, terrazas aluviales y cuencas endorreicas.

Esta unidad se tiene expuesta en la porción sureste de la carta en la localidad El Álamo sobre las márgenes de los arroyos El Cardenchal y Corralitos. Los depósitos de aluvión se componen de arena, arcilla, grava fina a gruesa, combinadas con limo, arcilla, conglomerado mal clasificado y depósitos detríticos.

Sobreyace a depósitos de talud, limos y arcillas, gravas y arenas, toba riolítica – ignimbrita y a la secuencia de clásticos continentales. Por correlación de campo se le asigna la edad Holoceno, siendo el último depósito clástico que se describe en la columna estratigráfica. Su correlación es con todos depósitos clásticos semejantes más recientes.

Las condiciones geológico mineras de esta unidad son de poco interés; puede servir como proveedora de materiales pétreos, arena y grava, confinante de acuíferos y por tanto de tierras de cultivo.

III.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

III.3.1.- Interpretación del modelo digital del terreno

El modelo digital del terreno es la representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre y con base en la observación e interpretación de este, se delimitaron una serie de lineamientos, geoformas y curvilineamientos, así mismo se estableció una diferenciación de bloques asociados a un sistema de estructuras con características bien definidas (Figura 7).

Los criterios para llevar a cabo la interpretación geológica del modelo digital de elevación, consisten principalmente en el análisis visual de la imagen basándose en las características tales como: textura, tono, hidrografía y morfología, las cuales se manifiestan sobre el terreno en forma de altos y bajos topográficos, pendientes suaves o abruptas. Asimismo los procesos endógenos y exógenos al interrelacionarse provocan determinada expresión en el relieve, como lo ponen de manifiesto los cerros y

planicies, alternancia de elevaciones y depresiones, muchos de los rasgos del relieve actual.

La metodología aplicada para el presente trabajo consistió en la identificación de lineamientos de carácter regional y delimitar los bloques tectónicos regionales a partir de la orientación de las cimas, así como la distribución de las tierras altas y bajas, lo que permite manifestar la variación del relieve. La altitud máxima de la carta se presenta en la parte centro norte en la localidad Sierra Rica con 2,400 msnm. La descripción de las estructuras interpretadas es la siguiente: en el cuadrante suroeste se marcaron las siguientes estructuras: El Ocotillo de tipo normal orientada NW 40° SE, con una longitud de 4 km; La Bajada, corresponde a una falla de tipo normal orientada al NE 62° SW, con una longitud aproximada de 4 km; La Manzanilla con una orientación de NW 65° SE, cuya longitud aproximada de 8.5 km; La Muñeca, orientada NE – SW con una longitud de 4 km.

En el cuadrante noreste de la carta, se definieron los siguientes sistemas; un lineamiento denominado La Ciénega con una orientación NW 40° SE, que al parecer por el rasgo morfológico que representa pudiese corresponder a una falla inversa; se tiene dos lineamientos paralelos denominados El Burro y Sierra Rica los cuales presentan una orientación de NE 60° SW con una longitud aproximada de 7 km; Aguja Colorada se trata de una falla normal con una orientación NW 35° SE, con una longitud de 9 km; La Pinosa corresponde a una falla normal con una orientación de NE 34° SW con una longitud de 2.5 km.

En el cuadrante sureste se tiene la mayor presencia de estructuras dentro de la carta, fueron definidos una serie de lineamientos siendo estos: La Madera el cual corresponde a una falla normal con una orientación NW 35° SE con una longitud de 4.5 km; Corralitos corresponde a una falla normal con una orientación de NW 48° SE y una longitud de 2.6 km; falla El Gatún presenta un rumbo de NW 54° SE, con una extensión de 3.4 km.

En el cuadrante noroeste de la carta se ubica una fosa tectónica denominada fosa El Milpillas, la cual se pudo haber formado después que se dio el cese de los esfuerzos comprensivos de la orogenia Larámide depositándose en ella rocas sedimentarias poco competentes a factores erosivos, para

posteriormente ser afectadas por los procesos tectónicos de la provincia de Cuencas y Sierras.

En el cuadrante noreste se presenta una semifosa denominada El Diamante la cual se formó por depósitos como producto de la erosión de los diferentes tipos de roca de las unidades expuesta a su alrededor.

III.3.2.- Interpretación de la imagen de satélite

Para la interpretación de la imagen de satélite se utilizaron imágenes de satélite Landsat con un dominio espectromagnético de 7 bandas espectrales, la combinación de estas es (RGB) 7, 4, 1; por ser la combinación más adecuada ya que resalta con mayor precisión los matices o rasgos geológicos. Los criterios de interpretación utilizados son los que representan una importancia fundamental para extraer la información geológica de cualquier imagen de satélite, que permite determinar estructuras geológicas, tales como rumbo y buzamiento en capas sedimentarias, identificar las fallas, determinar la intensidad del fracturamiento, fracturas sepultadas, etc; así mismo contribuye a definir el estado físico de la roca (estratificada, masiva, etc.) o su nivel de deformación como plegamiento, cabalgamiento, etc. La textura del color permite revelar variaciones litológicas entre dos formaciones distintas.

La morfología corresponde al criterio más importante, porque permite describir los paisajes en términos de conjuntos litológicos según se presenten como áreas de morfología suave (plana, redonda, etc.) o acusadas (crestas, conos, etc.). El patrón del drenaje en estrecha relación con el criterio anterior, permite afinar la interpretación y definir unidades litológicas distintas dentro de los conjuntos preestablecidos.

Con base en la interpretación de la imagen de satélite se determinaron estructuras correspondientes a fallamientos y curvilineamientos, además se delimitaron seis unidades litológicas de forma preliminar (Figura 8). En cuanto a las estructuras definidas, en la región suroeste y sureste de la carta se tiene un patrón estructural dominante de orientación NW-SE, representado por una serie de fallas en las cuales se observa un drenaje de tipo paralelo principalmente.

Se diferenciaron preliminarmente seis unidades litológicas A, B, C, D, E, y F dentro de las que se encuentran: A) paquetes de rocas sedimentarias terrígenas y carbonatadas que por compilación bibliocartográfica corresponden a calizas y lutitas de las formaciones Benigno, Walnut, Finlay, Benevides, Loma de Plata, Del Río y Ojinaga que abarcan del Albiano medio al Turoniano, representada en su gran mayoría al oeste, suroeste y sureste, el área se encuentra afectada por la orogenia Laramide, representada por una tectónica de dominio dúctil-frágil evidenciada por la presencia de anticlinales y sinclinales, existen estructuras más complejas, compuestas por un plegamiento más intenso con cierta recumbencia, fallas normales, cabalgaduras y fallas de desplazamiento lateral.

La unidad B se presenta en la porción norte, noreste, oeste, centro y suroeste, corresponde a paquetes de rocas volcánicas de composición ácida representada por flujos piroclásticos de composición riolítica, en menor proporción derrames andesíticos originados a partir de fisuras, asociadas al movimiento transcurrente de la falla Juárez y al fallamiento de tipo normal ocasionado por la tectónica distensiva de Cuencas y Sierras.

La unidad C se encuentra ampliamente expuesta en las porciones norte, noroeste y sureste consiste de paquetes arenos arcillosos y calcáreo arcillosos representados por areniscas calcáreas alternando con lutitas y lutitas calcáreas. La unidad D corresponde a rocas volcánicas intrusivas que se encuentran en diversas localidades de la carta, destacando las que se ubican en los sectores este y sur; su composición es principalmente de pórfido riolítico a dacítico, se emplazan en las zonas de debilidad originadas como resultado del consumo de la placa Farallón, proceso geológico acompañado de una intensa actividad hidrotermal con mineralización económica. La unidad E se definió como depósitos de gravas y arenas que son producto de la erosión de los diferentes tipos de rocas que integran las unidades orográficas de la región y sus componentes clásticos consisten de una gran variedad de rocas ígneas y sedimentarias, ocurriendo principalmente en forma de abanicos aluviales. La unidad F se encuentra principalmente en la porción centro sur, está constituida por acumulaciones de material de origen fluvial, producto de la intensa erosión de las formaciones volcánicas terciarias con su posterior transporte y depósito, con un rango granulométrico muy amplio de limos y arenas.

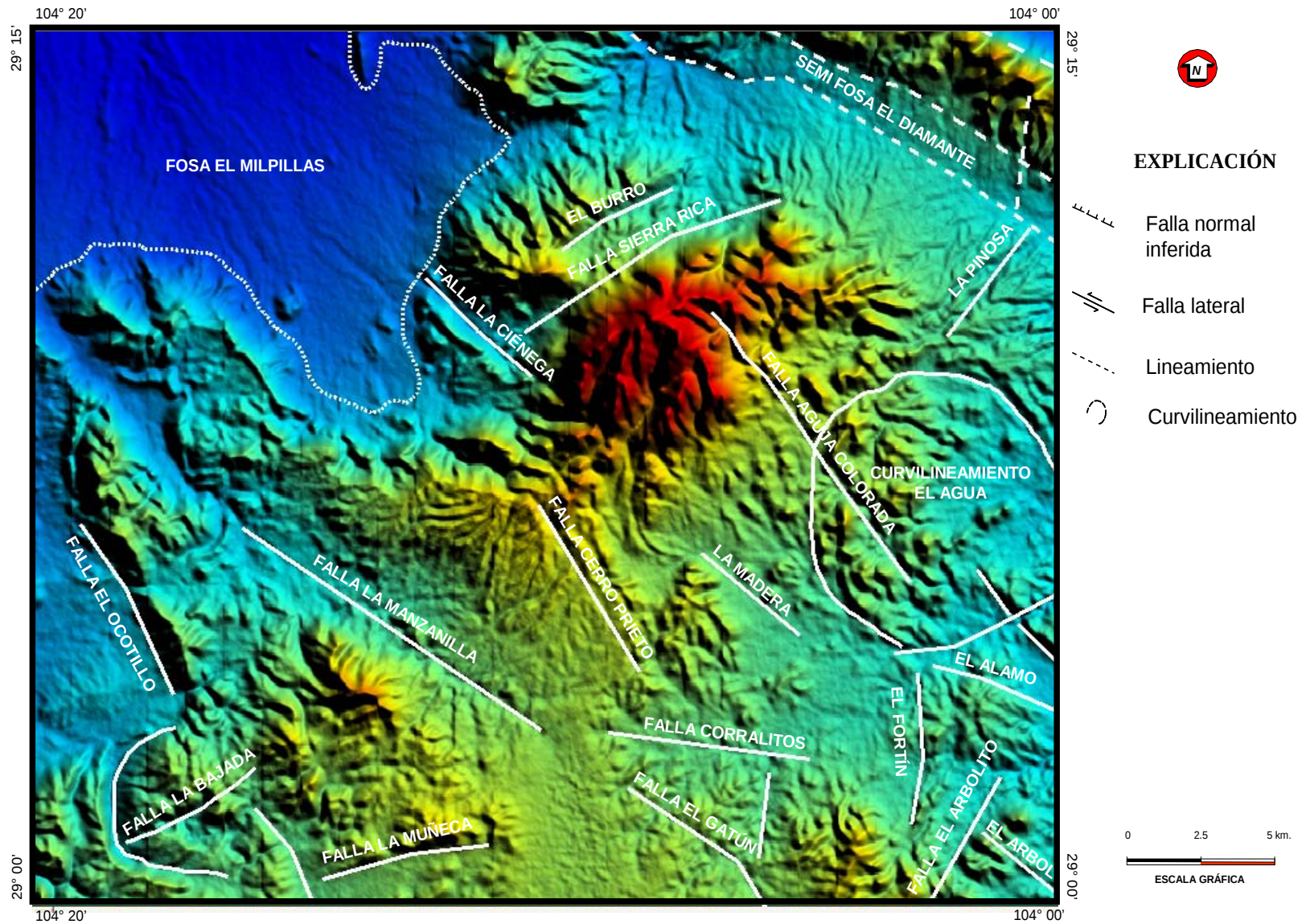
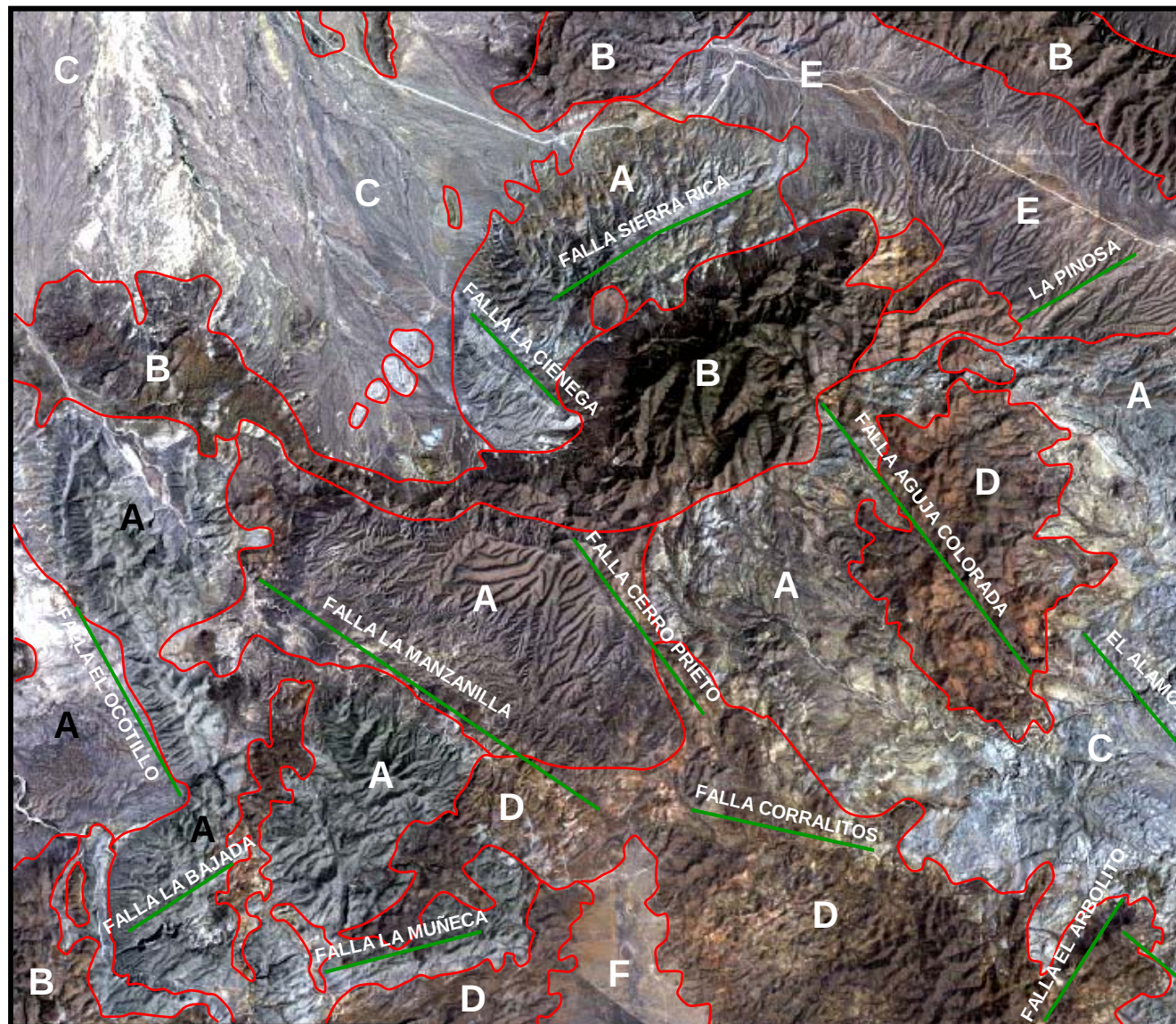


FIGURA 7.- INTERPRETACIÓN DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN



EXPLICACIÓN

- Lineamiento
- Curvilineamiento
- Contacto

A Rocas carbonatadas (calizas y lutitas)

B Rocas volcánicas de composición ácida.

C Rocas arenosas y calcáreas arcillosas.

D Rocas sulvolcánicas de composición riolítica

E Depósitos conglomeráticos poco consolidados.

F Limos y arenas.

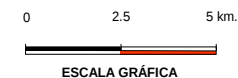


FIGURA 8.- INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE SATÉLITE

III.3.3.- Descripción de estructuras

Las estructuras geológicas de la carta están representadas por foliación, estratificación, cabalgaduras, pliegues y fallas.

III.3.3.1.- Deformación dúctil

La deformación dúctil es evidente en la Formación Ojinaga donde presenta direcciones de foliación NE-SW y NW-SE, con inclinaciones al noroeste y noreste respectivamente, es paralela a la estratificación, se deduce que esta formación presenta dos eventos de deformación, producto de la orogenia Laramide siendo más evidente el evento NW-SE.

III.3.3.2.- Deformación dúctil-frágil

Las estructuras que se han generado por la fase de deformación compresiva corresponden al evento laramídico y consisten de cabalgaduras y pliegues (Figura 9).

Cabalgadura Las Minas.- Se localiza en la porción central de la carta tiene una longitud de 4 kilómetros y una orientación de NW 43° SE, con un relieve máximo de aproximadamente 100 m con relación al nivel del terreno, poniendo en contacto a las formaciones Loma de Plata (Kasce Cz) y Ojinaga (Kcet Lu-Cz).

Pliegues:

Los pliegues son producto de los esfuerzos compresivos que provocan el acortamiento y engrosamiento de las unidades del Cretácico cartografiadas en la carta, estos esfuerzos son más notorios en los afloramientos de la Formación Ojinaga que presenta una serie de ondulaciones.

Sinclinal El Ocotillo.-Se localiza en la porción oeste de la carta entre el cañón El Almagre y sierra El Ocotillo, esta constituido por un pliegue sinclinal de tipo alpino aproximadamente simétrico que se extiende hacia el noroeste. Presenta un rumbo promedio de N 30° W formándose dentro de los estratos de las formaciones Loma de Plata, Del Río y Buda.

Anticlinal El Ocotillo.- Constituye un pliegue anticlinal de tipo alpino, abierto en las formaciones, Benigno, Walnut, Finlay, Benevides, Loma de Plata, Del Río y

Buda, presenta un rumbo general de N 25° W, con una longitud aproximada de 12 km., el eje estructural en la parte central se ve afectado por una falla de tipo lateral, su máximo espesor es de 3 km. y la inclinación de sus flancos tiene un promedio de 30°, se encuentra expuesto en calizas, calizas nodulares y margas de la Formación Benigno (Kam Cz).

Anticlinal La Calera.- Se localiza en la porción suroeste de la carta, esta constituido por un pliegue anticlinal recostado hacia el este con un plano axial de rumbo N 10° W, se encuentra abierto en estratos de la Formación Walnut, con una inclinación promedio de 23° en el flanco occidental, mientras que los estratos del flanco oriental tienden a la vertical. En gran parte de esta caliza se aprecian grietas de tensión con una orientación NW-SE producto de la orogenia Laramide (Fotografía 18).



Fotografía 18.- Grietas de tensión en forma escalonada, rellenas de calcita, formadas dentro de calizas de la Formación Walnut. Localidad La Calera.

Anticlinal Boquilla Azul.- Se localiza en el extremo sureste de la carta y está constituido por un pliegue anticlinal de tipo (pliegue de fondo) de relatividad de pequeñas dimensiones y simétrico. La traza del plano axial se encuentra orientada al N 25° E y dentro de este pliegue se encuentran expuestas las formaciones Loma de Plata, Del Río y Buda, cuyos estratos promedian una inclinación de 25°.

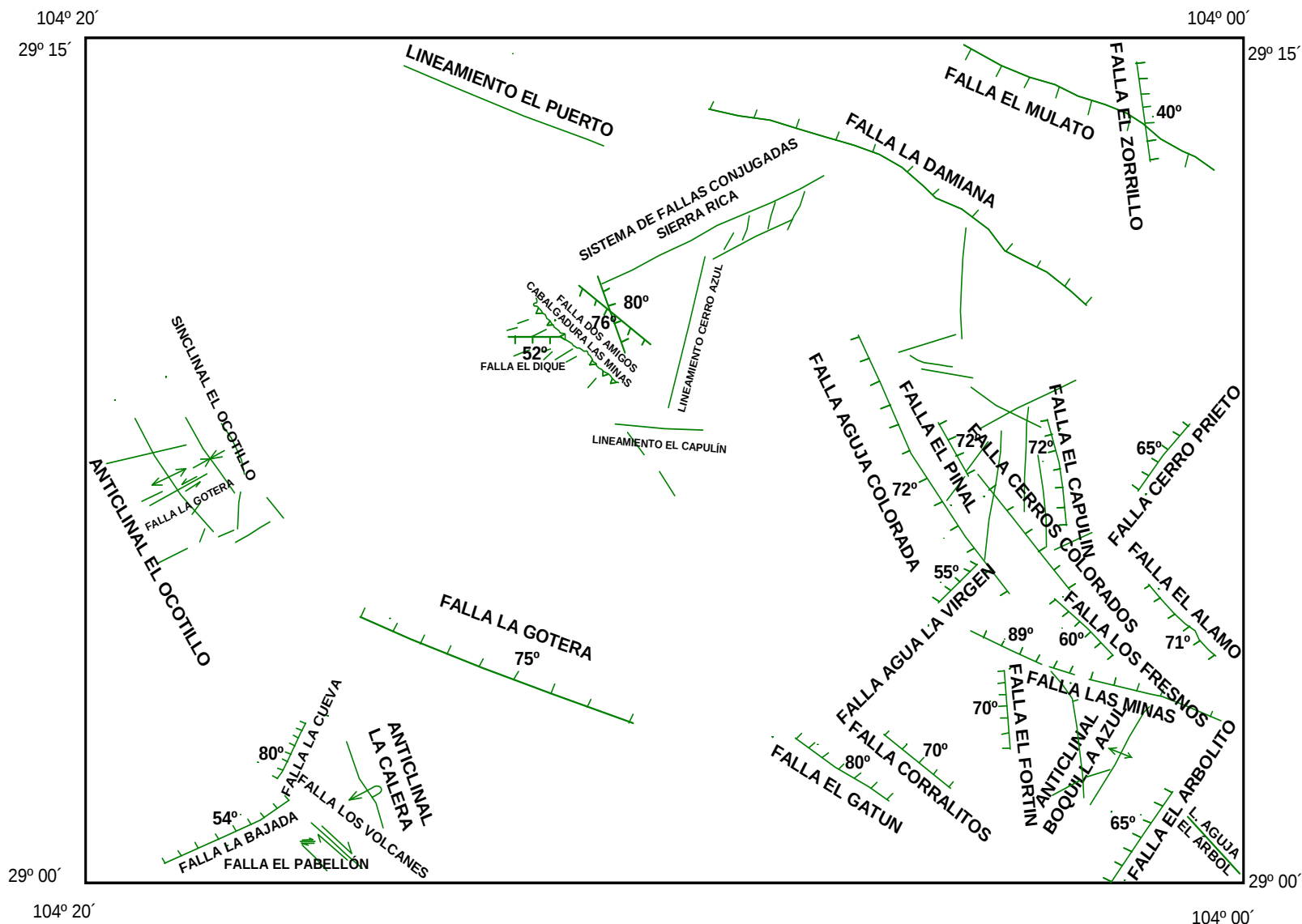


FIGURA 9. ESQUEMA ESTRUCTURAL

III.3.3.3.- Deformación frágil

Fallas:

Las fallas son estructuras derivadas de por lo menos dos épocas de fallamiento, una de edad laramídea que afectó a las rocas preterciarias y otra de edad terciaria Eoceno-Plioceno que afectó prácticamente a toda la columna.

Falla La Cueva.- Localizada en la porción suroeste a 3.5 km al suroeste del rancho El Saucito, tiene un rumbo de N 23° E y un echado de 80° al NW, es de tipo normal y aflora en una longitud de 2.0 km, se encuentra formada dentro de la unidad de calizas arcillosas y lutitas calcáreas de la Formación Finlay, y a una secuencia de rocas volcánicas piroclásticas de composición ácida, constituida por tobas riolíticas e ignimbritas de edad Mioceno (Tm TR-Ig).

Falla La Bajada.- Se localiza en la porción suroeste de la carta al sur del cañón El Agua, corresponde a una falla normal que presenta un rumbo de NE 62° SW y una inclinación de 54° al NW, aflora en una longitud de 4.0 km, expuesta en una caliza masiva de estratificación media a gruesa de la Formación Finlay, en su extremo noreste pone en contacto discordante a esta unidad sedimentaria con un paquete piroclástico constituido por tobas riolíticas e ignimbritas de edad Terciario Mioceno.

Falla El Dique.- Se localiza en la porción central de la carta, a 1 km al suroeste del rancho La Ciénega, corresponde a una falla lateral derecha que presenta una orientación E – W con una inclinación de 52° al sur, aflora en una longitud aproximada de 1 km, con un espesor de 6 a 7 m. Esta falla sirvió como conducto para el emplazamiento de una roca hipabisal de composición riolítica en forma de dique el cual afecta a una carpeta de rocas sedimentarias tanto del Cretácico inferior como del Cretácico superior representada por las formaciones Loma de Plata (Kasce Cz), Del Río (Kce Lu-Cz) y Buda (Kce Cz) (Fotografía 19).

Falla La Gotera.- Localizada en el cuadrante suroeste de la carta, en las inmediaciones del rancho del mismo nombre, es una falla normal con una orientación de NW 66° SE, inclinación de 75° al NE, expuesta en una longitud de 8.5 km, formada dentro de las formaciones Walnut y Finlay, las cuales son afectadas directamente por esta falla. Hacia su extremo sureste es cubierta por material

conglomerático de la unidad (Tm Cgp-B), se extiende hasta el rancho El Agua de la Loca observándose dentro de un pórfido de composición riolítica.



Fotografía 19. Espejo de la falla, la cual sirvió como conducto para el emplazamiento de un dique de composición riolítica. Vista al N 25° E.

Falla Dos Amigos.- Localizada en la porción central de la carta, al norte del rancho Minas de Sierra Rica, tiene un rumbo de N 17° W y una inclinación de 85° al NE, es de tipo normal y se reconoció en una longitud de 210 m, la cual se intersecta con otra falla normal que es la principal estructura que controla la mineralización de la obra minera del mismo nombre. Tiene un rumbo de N 50° W con una inclinación de 76° al SW, aflora en superficie en una longitud aproximada a los 300 m. En el interior de la mina solo se reconoció en una longitud de 75 m a lo largo del crucero de exploración del nivel cero, se emplaza en lutitas y calizas de la Formación Ojinaga (Fotografía 20).

Falla El Álamo.- Se localiza en la porción noreste de la carta, sobre el arroyo La Consolación, se trata de una falla normal que sirvió como conducto para el emplazamiento de una estructura de composición andesítica tipo sill, tiene una orientación de N 59° E y una inclinación de 71° al SE, una longitud aproximada de 50 m, afecta a lutita y caliza de la Formación Ojinaga y se emplazó a través de una zona de debilidad entre los estratos de esta unidad a lo largo de 100 m y un espesor de 2.0 m (Fotografía 21).



Fotografía 20.- Falla Dos Amigos, control estructural que sirvió como conducto para el emplazamiento de la mineralización en la obra minera del mismo nombre. Vista al N 20° W.



Fotografía 21.- Falla El Álamo, sobre la que se emplaza una estructura de composición andesítica en forma de sill. Localidad El Almagre. Vista al N 89° W.

Falla Aguja Colorada.- Localizada en la porción este del área de estudio, en el cerro Aguja Colorada, en su parte central presenta una orientación de N 35° W, flexionándose hacia su extremo norte a N 40° W, con una inclinación de 72° al SW, tiene una longitud aproximada de 9 km. Se encuentra emplazada en el contacto de un pórfido riolítico (To PR) con tobas riolíticas de la unidad (Tpae Cgp-TR), afectando a la secuencia de lutitas y calizas de la Formación Ojinaga.

Falla Agua La Virgen.- Localizada en la porción sureste de la carta a 500 m al sureste del rancho del mismo nombre, se trata de una falla normal armada dentro de un paquete de tobas riolíticas de la unidad (Tpae Cgp-TR), tiene una orientación NE 42° SW con una inclinación de 55° al NW, aflora en una longitud de 1,700 m. En su extremo noreste pone en contacto discordante a la unidad de tobas riolíticas (Tpae Cgp-TR) con un pórfido riolítico (To PR).

Falla El Pinal.- Se ubica en la parte este en las inmediaciones del rancho El Pinal, se trata de una falla normal armada dentro de un paquete de tobas riolíticas de la unidad (Tpae Cgp-TR), aflora en una longitud de 2 km, tiene una orientación de NW 28° SE y una inclinación de 72° al NE.

Falla Cerros Colorados.- Ubicada en la parte este de la carta, en las inmediaciones de la localidad del mismo nombre, se trata de una falla normal con un rumbo de NW 35° SE, inclinación de 72° al NE, aflora en una longitud de 4.5 km. Esta falla puede corresponder a una prolongación de la falla El Pinal, se encuentra expuesta dentro de rocas hipabisales de composición riolítica de la unidad (To PR).

Falla El Capulín.- Se localiza en la porción este de la carta, en las inmediaciones del rancho El Potrero de Ángulo, corresponde a una falla de tipo normal formada dentro de rocas hipabisales de composición riolítica (To PR). Presenta un rumbo de NW 10° SE con un echado de 72° al SW, aflora en una longitud de 3.5 km.

Falla Cerro Prieto.- Se ubica en el extremo oriente de la carta, al oeste del cerro del mismo nombre, corresponde a una falla de tipo normal con una orientación de NE 35° SW, una inclinación de 65° al NW y una longitud de 2.6 km, alojada dentro del paquete de lutitas y areniscas de la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Cz).

Falla Los Fresnos.- Se ubica en la porción sureste de la carta, sobre el arroyo del mismo nombre, corresponde a una falla de tipo normal con un rumbo de NW 42° SE, echado de 60° al SW y una longitud de 2.5 km, formada dentro de un paquete de tobas riolíticas (Tpae Cgp-TR) las cuales son afectadas por un paquete de rocas hipabisales de composición riolítica (To PR).

Falla El Gatún.- Localizada en la porción sureste de la carta, en las inmediaciones del rancho del mismo

nombre, se trata de una falla normal con un rumbo de NW 54° SE, inclinación de 80° al NE y una longitud de 3.4 km. Se encuentra expuesta dentro de un paquete de rocas hipabisales de composición riolítica (To PR).

Falla Corralitos.- Se localiza en el cuadrante sureste de la carta, aproximadamente a 1 kilómetro al noreste del rancho Corralitos, corresponde a una falla normal con un rumbo de NW 48° SE, con un echado de 70° al NE, aflora en una longitud de 2.6 km, se encuentra formada dentro de un paquete de rocas piroclásticas de la unidad (Tpae Cgp-TR).

Falla El Fortín.- Ubicada en el cuadrante sureste de la carta, en las inmediaciones del rancho El Fortín, es una falla normal armada dentro de una secuencia de lutita-caliza y arenisca correspondiente a la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Cz), tiene un rumbo de NW 04° SE y un echado de 70° al SW, expuesta en una longitud de 2.6 km.

Falla Las Minas.- Se localiza en la porción sureste de la carta en las inmediaciones del rancho Las Minas, corresponde a una falla normal formada dentro de lutita-caliza y arenisca de la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Cz), en su extremo noroeste presenta un rumbo de NW 60° SE, flexionándose en su extremo sureste a NW 70° SE, con una inclinación de 89° al NE.

Falla El Arbolito.- Localizada en la porción sureste de la carta, dentro de las inmediaciones del arroyo del mismo nombre, tiene un rumbo de NE 31° SW, echado de 65° al NW, se encuentra formada y afectando a las unidades sedimentarias de lutitas y areniscas de la Formación Ojinaga (Kcet Lu-Ar) y conglomerados y tobas riolíticas (Tpae Cgp-TR).

III.4.- Tectónica

De acuerdo a la distribución de terrenos tectonoestratigráficos, la carta queda comprendida en el terreno Chihuahua de Campa y Coney (1982). Sin embargo, algunos investigadores han postulado el basamento de la región, como una extensión hacia el sur del cratón de Norteamérica. Este basamento de edad precámbrica está constituido por gneiss granítico encontrado a profundidades de 4 a 5 km en dos pozos de PEMEX. Se han documentado en dos localidades. La primera consiste en un afloramiento de rocas metaplutónicas intrusiónadas por diques de anfibolitas y pegmatitas dentro de un flysch Pérmico, ubicado en la sierra del Cuervo, alrededor de 15 km

al norte-noreste de Aldama, Chih. La segunda localidad es un pequeño afloramiento de un gneiss de anfibolita cercano al rancho Carrizalillo aproximadamente a 80 km al este de la sierra El Cuervo (Sedlock *et al.*, 1993).

La cubierta paleozoica de este terreno está conformada por las cuencas Tobosa y Pedregosa. La primera de ellas se desarrolló durante el Paleozoico inferior (Cámbrico-Silúrico?) y dio origen a las formaciones Bliss, El Paso, Cable Canyon, Montoya y Percha; y la cuenca Pedregosa desarrollada en el lapso Devónico-Pérmico y esta representada por el Grupo Escabrosa y las formaciones Paradise, Horquilla, Plomosas y Verde (IMP, 1991).

La cubierta mesozoica corresponde a la cuenca de Chihuahua la cual ha sido interpretada como una cuenca pull-apart de movimiento lateral derecho que empezó a formarse durante el Oxfordiano (Haenggi, 2000). Otros autores postulan que el inicio fue con el desarrollo de un rift intraplaca ligado con la apertura del golfo de México (Handschy *et al.*, 1987), limitada por las plataformas Aldama al poniente, Florida-Moyotes al noroeste y del Diablo al norte, así como por la isla de Coahuila al sur (Escamilla, 1991). Los depósitos marinos de esta cuenca presentan espesores de 7000 m, representados por tres ciclos sedimentarios: terrígenos-carbonatos en el Jurásico superior-Aptiano; carbonatos con intercalaciones arcillosas (Albiano-Cenomaniano) y terrígenos predominantes (Turoniano-Senoniano) (Tovar, 1981). Diversos estudios realizados por PEMEX han permitido establecer la estratigrafía de la cuenca de Chihuahua, cuya unidad más antigua corresponde a la Formación La Casita que representa una secuencia transgresiva con facies clásticas hacia la base, que varían litológicamente a carbonatos y terrígenos en la parte superior de edad Kimmeridgiano-Tithoniano.

El Neocomiano-Aptiano está constituido principalmente por terrígenos y carbonatos con subordinados cuerpos de evaporitas de las formaciones Navarrete, Las Vigas, La Virgen, Cupido y La Peña.

El megaciclo Albiano-Cenomaniano consiste de un potente espesor de carbonatos, interrumpido por quiebres arcillo-calcáreos e incluye a las formaciones Coyame, Benigno, El Bronce y Finlay y la Formación Benevides. El Cretácico superior se caracteriza por

grandes depósitos de terrígenos de facies flysh con zonas aisladas de carbonatos subordinados; representado por las formaciones Loma de Plata, Del Río, Buda Ojinaga y San Carlos.

El vulcanismo del Terciario esta representado por varios eventos que inicia con un vulcanismo bimodal cuya edad que varía de 45 a 30 Ma. Su origen está relacionado con la formación de calderas que se distribuye en una franja paralela a la costa del Pacífico y que posteriormente formó la Sierra Madre Occidental. El vulcanismo fluidal de ceniza comenzó hace 45 Ma y se considera que fueron las unidades iniciales del súper grupo volcánico superior, que fueron extruidas en la Sierra Madre Occidental. El vulcanismo riolítico fue interrumpido casi al mismo tiempo en que se inicio la actividad similar en el suroeste de Nuevo México. Grandes pilas de flujos riolíticos con intercalaciones de lavas basálticas o andesíticas son típicas de esta actividad.

El vulcanismo basáltico-alcálico y riolítico con edades que varían entre 24 y 17 Ma, está relacionado al evento distensivo de Cuencas y Sierras (Stevens *et al.*, en Eguluz, 1984). Estas rocas peralcalinas pueden trazar un límite difuso de una amplia zona extensional que en Chihuahua, fue localizada por la cordillera del Jurásico. El límite oeste de la zona extensional actualmente está representada por el bloque la Calera-El Nido y por dos sierras al oeste (Las Tunas y Catarina) y puede haber sido el área focal de un tras-arco del Eoceno-Oligoceno en extensión y vulcanismo. El bloque Calera-El Nido fue elevado en el Mioceno (?) y Plioceno, como parte del levantamiento regional que afectó a la Sierra Madre Occidental y en el área de la actual estructura de Cuencas y Sierras en el norte-centro de Chihuahua. El levantamiento regional fue interpretado como un gran colapso en el Plioceno (?), formando cuencas cerradas, iniciando una vigorosa erosión. El vulcanismo peralcalino y la formación de cuencas profundas en el oeste de Texas puede indicar que esta área fue el límite este del Eoceno-Oligoceno de la zona extensional en la zona central de Chihuahua. Así el bloque Calera-El Nido y la región de Big Ben en Texas, pueden experimentar algún paralelismo en su historia estructural y vulcanológica (Mauger, 1981).

El evento de Cuencas y Sierras ocurrió entre los 32 y 12 Ma con ambos límites extendiéndose probablemente hasta el Eoceno y el Cuaternario. La actividad ignimbrítica puede ser tan antigua hasta de

51 Ma y tan joven como de 17 Ma, pero la mayoría del vulcanismo ocurrió entre los 38 y 28 Ma, que es referido como la "ignimbrita superior". Sin embargo, una intensa actividad ignimbrítica es evidente hasta los 23 Ma en las porciones sur-central y suroeste de la Sierra Madre Occidental. Así, la ignimbrita principal puede ser definida como un período de intensa actividad volcánica explosiva que produjo grandes volúmenes de carpetas de ignimbrita silícica, el cual ocurrió principalmente entre los 38 y 23 Ma en México. La ignimbrita principal coincide en tiempo con fallamiento de Cuencas y Sierras. Se desconoce si la migración del fallamiento de Cuencas y Sierras y la ignimbrita principal fue episódica o fue continua. Sin embargo, para el tiempo que la "ignimbrita principal" empezó, la extensión de Cuencas y Sierras ya estaba activa en México. Por lo tanto, se puede concluir que el emplazamiento de la ignimbrita de la Sierra Madre Occidental y el régimen extensional de Cuencas y Sierras coincide en tiempo y espacio, y esta coincidencia ocurre en diferentes tiempos y lugares en la provincia de volcánica de la Sierra Madre Occidental (Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, 2003).

IV.-YACIMIENTOS MINERALES

IV. 1 METÁLICOS

IV.1.1.- Introducción

En la carta se determinaron tres áreas mineralizadas, distribuidas de la siguiente manera: área mineralizada Sierra Rica, la cual contiene yacimientos polimetálicos; área mineralizada Los Volcanes con mineralización de manganeso, y área mineralizada Las Minas con mineralización polimetálica (Figura 10).

IV.1.2.- Antecedentes.

Las minas de Sierra Rica fueron denunciadas en 1828, por el capitán Ignacio Ronquillo y las de San Carlos en 1885 por don Juan N. Zubirán; éstas llegaron a adquirir tal prosperidad que el congreso del estado, creó el municipio el 1º de diciembre de 1937. Se desconocen los antecedentes de esta zona, ya que no se cuenta con registros que indiquen la producción, año, leyes, sustancias, minas, método de explotación, etc.

Sin embargo, existen evidencias de escasos trabajos de minería a pequeña escala, tales como catas, pozos y socavones. La zona se interpreta como la continuación hacia el poniente del distrito minero San Carlos (fuera de la carta), que se ubica 2 km al oeste del poblado Manuel Benavides. Este distrito fue productor de Fe, Pb, Zn, Ag y Au.

IV.1.3.- Minas en Explotación

Actualmente no se tiene ningún tipo de actividad minera.

IV. 1.4. - Infraestructura Geológico Minera.

El área cuenta con infraestructura en condiciones regulares a malas, con caminos de terracería destruidos y los servicios básicos de salud, educación, energía eléctrica, agua potable, teléfono y combustibles se encuentran en el poblado de Manuel Benavides a 48 km al oeste de esta área mineralizada, la mano de obra calificada y los insumos para la actividad minera se pueden conseguir en la ciudad de Ojinaga, Chih., que dista aproximadamente a 44 km o bien hasta la ciudad de Chihuahua, del área mineralizada a la carretera pavimentada hay una distancia de aproximadamente 14 km hacia el norte.

IV.1.5.- Área mineralizada Sierra Rica

Se localiza en la porción centro – norte de la carta al noroeste de la población de Manuel Benavides, y a 170km en línea recta al N 73° E de la ciudad de Chihuahua (Figura 11). Se puede considerar como el área más importante dentro de la carta, debido a la cantidad de obras mineras desarrolladas tanto por minerales metálicos como por no metálicos.

El acceso desde la ciudad de Chihuahua se realiza por la carretera federal No. 16 en su tramo Chihuahua – Ojinaga, donde a la altura del kilómetro 195 se entronca la carretera intermunicipal No 67 Manuel Benavides – Ojinaga, a la altura del kilómetro 33.6 se desprende un camino de terracería en condiciones de regulares a malas que conduce hacia la rancharía denominada Minas de Sierra Rica, cuya distancia es de 13.4 km, de esta localidad se prosigue por un camino de terracería en malas condiciones que tiene una longitud de 400 m. y conduce hasta la obra minera Dos Amigos.

Las estructuras mineralizadas en el área son variadas, tanto en su forma como en sus dimensiones y consisten en estructuras vetiformes, mantos, sills, diseminaciones y alteraciones alojadas dentro de rocas sedimentarias de edad cretácica originadas por intrusiones riolíticas en forma de sills.

Ambiente Geológico

El ambiente geológico está representado por unidades del Cretácico inferior, constituidas por calizas nodulares arcillosas alternando con marga y lutita calcárea de la Formación Benevides (Kas Cz-Lu) y caliza arcillosa de la Formación Loma de Plata (Kasce Cz); el Cretácico superior está representado por lutita laminar, arenisca calcárea y caliza arcillosa de las formaciones Del Río (Kce Lu-Cz), Buda (Kce Cz) y Ojinaga (Kcet Lu-Cz), que es la roca hospedante de la mineralización y una secuencia de rocas volcánicas piroclásticas de composición ácida, se caracteriza por la predominancia de las ignimbritas sobre las tobas riolíticas (To Ig-TR).

Tipo de Yacimiento

La ocurrencia de los depósitos minerales es controlada por el fracturamiento y zonas de debilidad como fallamiento para posteriormente depositarse, formando estructuras vetiformes tabulares, de longitudes considerables e importantes; pueden estar relacionadas a vetas de relleno de fisura. En superficie estas estructuras se manifiestan como crestones silicificados.

Estos yacimientos corresponden al tipo de los que se formaron a poca profundidad por soluciones mineralizantes ascendentes que depositaron su carga en grietas y fallas preexistentes, utilizando estas zonas de debilidad como vías de acceso a la superficie. En estas circunstancias, los yacimientos se consideran de tipo epitermal, con base en las características de los minerales de mena y ganga, y tipos de alteración; generalmente presentándose en estructuras vetiformes dentro del área.

Mineralogía y alteraciones

Los principales minerales de mena en la zona de sulfuros están constituidos por galena, esfalerita, calcopirita, argentita, azurita y malaquita, la argentita podría estar incluida en la pirita, mientras que en la zona de óxidos la mena la constituyen (hematita y limonita) con valores bajos de Au, Ag, Pb, Zn y Cu,



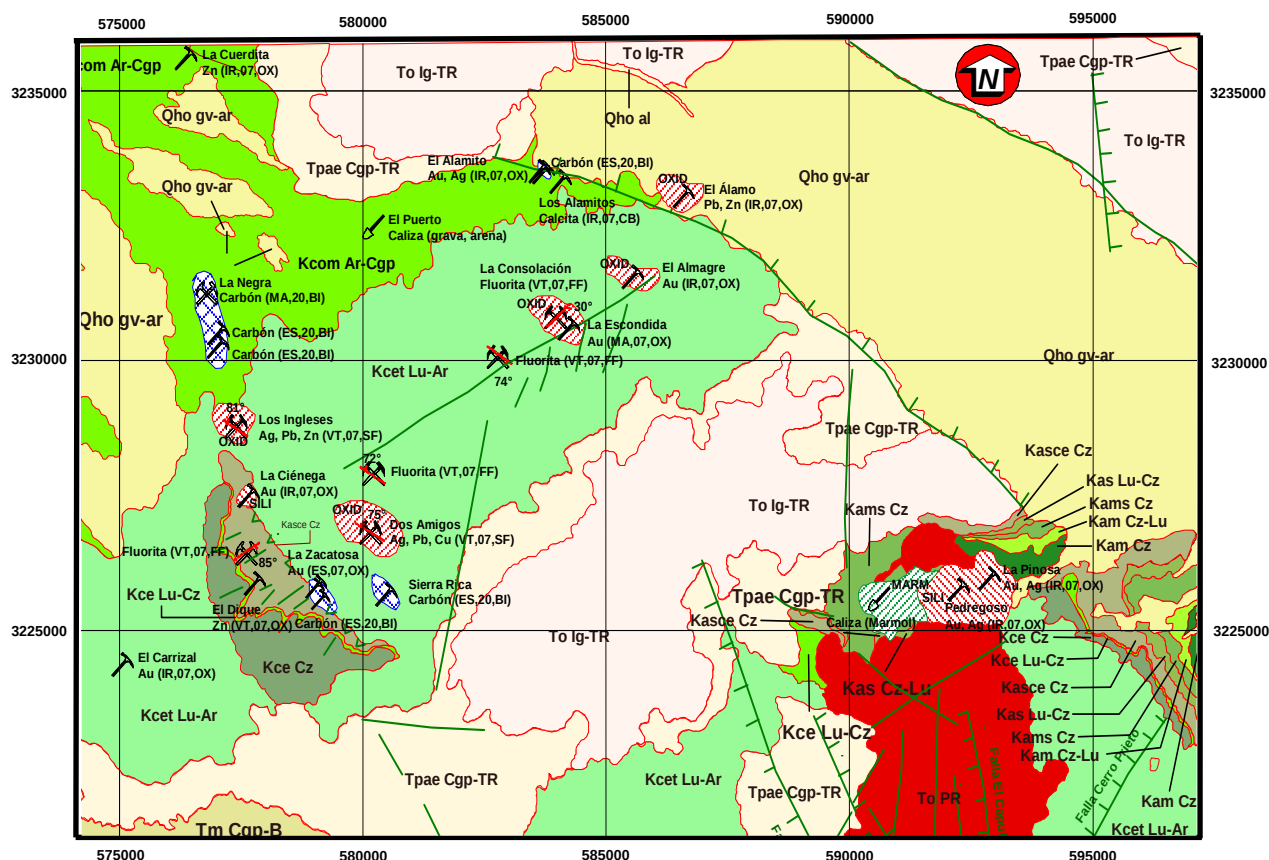
Gobierno
Federal

SE



como minerales de ganga se tienen cuarzo, calcita,
pirita, arsenopirita y escaso yeso.





EXPLICACIÓN

Qho al	Aluvi6n	Kasce Cz	Fm. Loma de Plata		Falla Normal
Qho gv-ar	Grava - arena	Kas Cz-Lu	Fm. Benevides		Falla con desplazamiento lateral
Tm Cgp-B	Conglomerado polim6ctico - basalto	Kams Cz	Fm. Finlay		Falla Inversa
To PR	P6rfido riol6tico	Kam Cz-Lu	Fm. Walnut		Estratificaci6n
Teo TR-Ig	Toba riol6tica - Ignimbrita	Kam Cz	Fm. Benigno		Contacto geol6gico
Tpae Cgp-TR	Conglomerado polim6ctico - toba riol6tica		Mina abandonada		Alteraci6n Hidrotermal
Kcom Ar-Cgp	Fm. San Carlos - Picacho		Prospecto		Manifestaci6n de carb6n
Kcet Lu-Cz	Fm. Ojinaga		Manifestaci6n de mineral in situ		Manifestaci6n de m6rmol
Kce Cz	Fm. Buda		Banco de material inactivo		
Kce Lu-Cz	Fm. Del R6o				

0 1 2 km.
ESCALA GRAFICA

FIGURA 11.- 1REA MINERALIZADA SIERRA RICA

Las principales alteraciones presentes están asociadas a ambientes hidrotermales y son principalmente silicificación y oxidación. La primera se presenta en la vecindad de las vetas, consiste de adición de sílice y la presencia de vetillas y microvetillas de cuarzo entre las estructuras brechoides, la segunda esta representada por limonitas, hematita y minerales arcillosos.

Estructuras, leyes y potencial

El origen de la mineralización se atribuye a la circulación de fluidos hidrotermales posiblemente en fase gaseosa a través de las zonas de debilidad como grietas y fallas desarrolladas en las rocas sedimentarias, depositándose en las zonas más alejadas de un cuerpo intrusivo o hipabisal que posiblemente corresponda a un pórfido riolítico o posiblemente tenga relación directa con una serie de diques tanto de composición andesítica como de composición riolítica.

Las obras mineras mas importantes dentro de esta área mineralizada son:

Dos Amigos (580111 E; 3226837 N)
Ag, Pb, Cu (VT, 07, SF)

Se localiza en la porción central de la carta, en el sector suroeste de Sierra Rica y a 300 m al noroeste del rancho denominado Minas de Sierra Rica. Es la obra minera más importante dentro de la carta donde se desarrollaron trabajos de exploración y explotación.

Actualmente su situación legal es vigente observándose en la mojonera de ligue, donde se tiene el número de expediente 21537 y cubre una superficie de 50 hectáreas, el punto de partida ampara una superficie de 500 hectáreas, sin número de expediente, registrada en la agencia de minería de la ciudad de Chihuahua, Chih. (Fotografía 22).

Como obras principales tiene un socavón de acceso con un desarrollo de 310 m, siguiendo la estructura controlada por una falla (Fotografía 23), tiene un crucero de 70 m de desarrollo al N 50° W, de igual forma siguiendo el rumbo de la estructura mineralizada, un tiro vertical que conduce a un segundo nivel, el cual tiene un desarrollo similar al del crucero, rebajes labrados sobre la traza de la estructura los cuales comunican a la superficie, pozos y contrapozos.



Fotografía 22.- Mojonera mostrando el punto de partida, situación legal y superficie que ampara este denuncia minero. Vista al NE.



Fotografía 23.- Acceso principal a la obra minera Dos Amigos cuya estructura es controlada por una falla normal, observándose en el rompimiento del socavón. Vista al N 12° W.

Las estructuras mineralizadas consisten de dos vetas- falla de cuarzo, de forma tabular brechada con un rumbo preferencial la primera de ellas de N 12° W y echado de 80° al NE, tiene un espesor promedio de 0.30 a 0.80 m, presentándose como zona de clavos o bolsadas, así como tramos estériles y es reconocida en una longitud de 200 m. La segunda estructura, que es la principal, tiene un rumbo de N 50° W y un echado de 76° al SW, llega a tener espesores de hasta 4.0 m, se le conoce una profundidad aproximada de 100 m. Se encuentra

emplazada en rocas sedimentarias de la Formación Ojinaga (Fotografía 24).

Los principales minerales de mena en la zona de sulfuros están constituidos por galena, esfalerita, calcopirita, argentita, azurita y malaquita, la argentita podría estar incluida en la pirita, mientras que en la zona de óxidos la mena la constituyen hematita y limonita con valores bajos de Au, Ag, Pb, Zn y Cu. Como minerales de ganga se tienen cuarzo, calcita, pirita, arsenopirita y escaso yeso.

Las alteraciones presentes están asociadas a ambientes hidrotermales y son principalmente silicificación y oxidación. La primera se presenta en la vecindad de las vetas, consiste de adición de sílice y la presencia de vetillas y microvetillas de cuarzo entre las estructuras brechoides, la segunda esta representada por limonitas, hematita y minerales arcillosos.



Fotografía 24.- Aspecto del control estructural de la mineralización en el socavón principal de la obra minera Dos Amigos. Viendo al N 10° W.

Se pueden considerar como una buena guía en superficie para localizar las estructuras mineralizadas, como es el caso de la oxidación que se reconoce por su coloración rojiza, la cual cubre gran parte de la zona; el control estructural consiste en el fracturamiento y fallamiento donde están alojados la mayoría de los cuerpos mineralizados en el área (Fotografía 25).

De la estructura mineralizada fue colectada la muestra LM-66 a la cual se le realizó estudio de determinación mineralógica por difracción de rayos X, determinándose la presencia de cuarzo en una

proporción mayor de 25%, hematita, pirita y cerusita, en una proporción con rango de 1 al 10%, escasa magnetita, malaquita y galena, en una proporción mínima se tiene calcopirita y covelita.



Fotografía 25.- Panorámica donde se aprecia en superficie la traza de la estructura mineralizada de la mina Dos Amigos. Vista al SE.

A esta misma muestra se le realizó análisis espectrográfico por fluorescencia de rayos X, donde fueron identificados como elementos ligeros Si y S, como elementos pesados Fe y Pb, con una proporción menor (1 a 10%), Cu y Zn en una proporción mínima (0.01 a 0.10%).

Así mismo fue colectada la muestra LM-67 en la zona de óxidos, a la que se le realizó un estudio minerográfico, la cual fue clasificada como una mena de escasos sulfuros y óxidos de plomo y cobre, de origen hidrotermal, matriz de cuarzo y óxidos de hierro, es de color blanca con manchas negras y café oscuro, estructura compacta, textura masiva, con una mineralogía de cuarzo, pirita, covelita, calcopirita, malaquita y hematita; microscópicamente la microtextura de la mena es de reemplazamiento del tipo de pseudomorfosis. Sus componentes principales son pirita, diseminada en la matriz de la roca, con alteración a través de sus bordes a hematita, se asocia con cristales de covelita y calcopirita; galena, que se observa diseminada en la roca, alterándose a través de sus bordes y planos de clivaje a cerusita, asociada con algunos cristales de covelita; magnetita, dispersa en la matriz de la roca, alterándose a hematita; calcopirita que se observa diseminada en la matriz de la roca, alterándose parcialmente a covelita. Los componentes secundarios presentes son hematita que se observa

en la matriz de la roca, como producto de la alteración de pirita y calcopirita; cerusita como alteración de la galena; malaquita como producto de la calcopirita y covelita derivada como producto de la alteración de la calcopirita.

En el presente trabajo se colectaron 19 muestras de esquirla para estudio de análisis químico, de las cuales 4 corresponden a pequeños terreros que se tienen fuera de la mina y 15 corresponden a las estructuras mineralizadas. Estas muestras fueron identificadas con las claves LM-68 – 86, las cuales reportaron los siguientes resultados:

No Muestra	Ancho metros	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %
LM-68	0.80	N.D.	N. D.	0.0692	0.0046	0.0682
LM-69	TERRERO	1.966	26	0.7156	0.125	0.9884
LM-70	TERRERO	2.966	43	1.9049	1.6329	0.3924
LM-71	TERRERO	1.099	19	1.4598	0.4887	1.2758
LM-72	TERRERO	0.733	18	1.7911	0.5004	2.7766
LM-73	0.50	N. D.	N. D.	0.0137	0.0261	0.0001
LM-74	0.90	0.233	20	3.9318	0.2309	0.0012
LM-75	0.50	0.126	60	0.9693	0.1915	0.0238
LM-76	0.30	0.133	1	0.1148	0.1403	0.0015
LM-77	0.40	0.099	N. D.	0.0911	0.1132	0.0004
LM-78	0.30	N. D.	4	0.3160	0.1092	0.0006
LM-79	0.40	N. D.	N. D.	0.0165	0.0852	0.0015
LM-80	0.40	0.533	5	0.0673	0.8780	0.0076
LM-81	1.00	0.133	N. D.	0.2571	0.1120	0.0005
LM-82	1.00	N. D.	N. D.	0.1605	0.1227	0.0010
LM-83	1.00	0.599	18	7.3428	0.1537	0.0027
LM-84	1.00	0.233	6	0.3405	0.1273	0.0011
LM-85	1.00	2.233	35	1.6643	0.1121	0.0025
LM-86	0.20	0.099	N. D.	0.0314	0.0754	0.0006

Los Ingleses (577355 E; 3228802 N)
Ag, Pb, Zn (VT, 07, SF)

Se localiza en la porción noroeste de la carta en el extremo poniente de Sierra Rica, a 1.5 km al noreste del rancho La Zacatosa.

Actualmente su situación legal está vigente con el número de expediente 33479 y cubre una superficie de 20 hectáreas, registrada en la agencia de minería de la ciudad de Chihuahua, Chih. (Fotografía 26).



Fotografía 26.- Mojonera de punto de partida mostrando la situación legal de la obra minera Los Ingleses, así como la superficie que ampara. Vista al S 28° E.

Como obra principal tiene un socavón con una longitud de aproximadamente 12 m, de sección de 2.20 m de alto y 2.0 m de ancho, sobre este socavón se desarrollo un tiro vertical con una profundidad de 30 – 40 m, (inaccesible) observándose además rebajes y catas (Fotografía 27).

La estructura mineralizada consiste de una veta- falla de cuarzo, de forma tabular brechada con un rumbo de N 63° W y un echado de 81° al NE, aflora en una longitud de 50 m, con un espesor de 0.70 m. Se encuentra emplazada en rocas sedimentarias constituidas por lutitas y calizas de estratificación delgada demasiado alteradas de la Formación Ojinaga las cuales tienen una estratificación de N 12° W y un echado de 35° al SW.