

**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
GERENCIA DE GEOLOGIA Y GEOQUIMICA
OFICINA REGIONAL COAHUILA**

**INFORME DE LA CARTA GEOLOGICO-MINERO
MANUEL BENAVIDES CLAVE H13-9**

**ESCALA 1: 250,000
ESTADOS DE COAHUILA Y CHIHUAHUA.**

**POR:
ING. GILBERTO SÁNCHEZ BERMEO
ING. ACEL JIMÉNEZ HERNÁNDEZ
ING. JUAN ANTONIO CABALLERO MARTÍNEZ**

**REVISO:
ING. DAVID BARBOSA LUNA
ING. J. CARLOS RIVERA MARTINEZ**

**SUPERVISO:
ING. RAFAEL JUAREZ JACOBO**

AÑO 2002

CONTENIDO

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	4
I.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO	4
I.2.- TRABAJOS PREVIOS.....	5
I.3. METODOS DE TRABAJO	6
II.- GEOGRAFÍA.....	7
II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA	7
II.2. ACCESOS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	7
II.3. FISIOGRAFÍA	8
III.- GEOLOGÍA.....	9
III 1.- MARCO GEOLÓGICO.	9
III.2.- ESTRATIGRAFÍA.....	10
PALEOZOICO.....	10
ESQUISTO (Pd)? E).....	10
ARGILITAS (Pc? Ag).....	13
CRETÁCICO INFERIOR.....	13
FORMACIÓN PUERTO RICO.....	13
Conglomerado Polimíctico- Areniscas (<i>Khb Cg – Ar</i>).....	13
Limolitas - Conglomerados oligomíctico (<i>Khb Lm-Cgo</i>).....	14
FORMACION CUPIDO	14
Calizas (Kbap Cz)	14
FORMACIÓN LA PEÑA	15
Caliza- Lutita (Kap Cz – Lu).....	15
FORMACIÓN BENIGNO-GLEN ROSE.....	16
Caliza-Lutita (Ka(i) Cz-Lu).....	16
FORMACION WEST NUECES – TELEPHONE CANYON – BRONCE.....	16
Lutitas (Ka Lu)	16
FORMACIÓN FINLAY–DEL CARMEN-EDWARDS.....	17
Caliza-Lutita(Ka Cz-Lu)	17
FORMACION BENEVIDES - SUE PEAK - MCKNIGHT.....	17
Lutitas-Calizas (Ka Lu- Cz)	17
FORMACIÓN LOMA DE PLATA – SANTA ELENA – SALMON PEAK	18
Caliza (KaCz).....	18
FORMACIÓN DEL RIO	19
Lutita – Caliza (KceLu-Cz).....	19
FORMACIÓN BUDA	19
Caliza (Kce Cz)	19
CRETÁCICO SUPERIOR.....	20

FORMACIÓN EAGLE FORD–BOQUILLAS.....	20
Lutita-Caliza (Kcet Lu-Cz)	20
FORMACIÓN OJINAGA	20
Lutitas-Calizas (Kcet Lu - Cz)	20
FORMACION SAN VICENTE - AUSTIN	21
Caliza- Lutita (Kcoss Cz-Lu)	21
FORMACION PEÑA.....	22
Lutita-Caliza (Kcoss Lu -Cz)	22
<i>TERCIARIO.....</i>	<i>22</i>
Andesita – Toba Andesitica (To A-TA).....	22
Toba Riolitica (To TR)	23
Conglomerado Polimíctico (Tpl Cgp).....	23
Gravas Y Boleos (Qhoco).....	23
Limos y Arenas (Qho al)	23
Porfido Andesitico (To PA).....	23
Granito-Sienita (To Gr-Si).....	24
Diorita (To D).....	25
<i>ROCAS METAMORFICAS.....</i>	<i>25</i>
Skarn (SK)	25
II.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	25
II.3.1.- INTERPRETACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO	26
III.3.2.- INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE SATÉLITE	26
III.3.3.- DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS	27
III.3.3.1.- DEFORMACION DÚCTIL	27
III.3.3.2.- DEFORMACION DUCTIL - FRAGIL.....	27
III.3.3.3.- DEFORMACION FRÁGIL.....	29
III.4.- TECTÓNICA.....	31
IV. YACIMIENTOS MINERALES	32
1V.1. NO METÁLICOS.....	32
IV.1. INTRODUCCIÓN	32
IV.2. ANTECEDENTES	33
IV.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN	34
IV.4. INFRAESTRUCTURA	34
IV.5. ZONA/ELEMENTO/PRODUCTO.....	34
ZONA MINERALIZADA AGUACHILE	34
ZONA MINERALIZADA SIERRA EL CARMEN.....	37
ZONA MINERALIZADA SIERRA SAN VICENTE	38
IV.2. METÁLICOS	39
IV.1. INTRODUCCIÓN	39
IV.2. ANTECEDENTES	39
IV.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN	40
IV.4. INFRAESTRUCTURA	40
IV.5. ZONA/AREA.....	40

ZONA MINERALIZADA SIERRA AZUL	40
ÁREA MINERALIZADA TRES MARIAS.....	42
ZONA MINERALIZADA SIERRA EL CARMÉN.....	43
V.- MODELO DE YACIMIENTO DE FLUORITA.....	46
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
VII.- PROBLEMAS NO RESUELTOS	47
BIBLIOGRAFÍA.....	47

ANEXOS

TABLAS

ANALISIS QUIMICOS
DATACIONES ISOTÓPICAS
DATOS ESTRUCTURALES
MUESTREO GENERAL
RESULTADOS PETROGRÁFICOS
ROCAS DIMENSIONABLES Y BANCOS DE MATERIAL
YACIMIENTOS DE MINERALES

RESUMEN

La carta se ubica en la porción Noroeste y Noreste del estado de Coahuila y Chihuahua respectivamente, se encuentra limitada entre las coordenadas 29° 00' a 30° 00' a 30° 00' latitud norte y 102° 00' a 104° 00' longitud oeste, y cubre una superficie de 8,485 km².

Fisiográficamente la carta se ubica en la porción centro oriental de la Provincia de Cuencas y Sierras, y la porción Norte de la Provincia Sierra Madre Oriental, dentro de la Subprovincia Sierras del Norte (Raisz E. 1964).

La columna estratigráfica esta constituida por unidades del paleozoico al reciente. Las rocas mas antiguas la constituyen esquistos pelíticos y psamíticos (P E) que se localizan en la base poniente de la sierra El Carmen, Flawn, P.T. (1958) y Smith, C. I. (1977) los dataron en 240 y 370 Ma por el método K-Ar, y Denison, et. al. (1969, y 1977) dato el metamorfismo en 263 ± 5 y 275 ± 20 Ma por el método Rb-Sr. Por lo tanto se le asigno una edad del Paleozoica, en la sierra Azul aflora principalmente en el núcleo del anticlinal del mismo nombre aflora una argilita (**Pc (?) Ag**)

Les sobreyacen discordantemente limolitas, conglomerados oligomícticos y areniscas (**Khb Lm-Cgo**) de edad Hauteriviano-Barremiano, que afloran en la sierra Azul pertenecientes a la Formación Puerto Rico. Sobreyaciéndole discordantemente se observan calizas (**Kbap Cz**) de edad Barremiano-Aptiano correspondientes a la Formación Cupido y Sobreyaciéndole concordantemente se observan calizas y lutitas pertenecientes a la Formación La Peña (**Kap Cz-Lu**) del aptiano. Durante el Albiano-Cenomaniano se deposito una potente secuencia carbonatada con cambios de facies en sentido vertical y lateral, representados por las formaciones Glen Rose (calizas y lutitas **Ka(i) Cz-Lu**), Bronce - Telephone Canyon - West Nueces (lutitas (**Ka Lu**)), Finlay - Del Carmen - Edwards (calizas y lutitas (**Ka Cz-Lu**)), Benevides - Sue Peak - MacNight (lutitas y calizas **Ka Lu-Cz**), Loma de Plata - Santa Elena - Salmon Peak (caliza (**Ka Cz**)), Del Río (lutitas - calizas (**Kce Lu-Cz**)) y Buda (calizas (**Kce Cz**)).

Para el Cenomaniano Superior al Santoniano los sedimentos fueron en su mayoría terrígenos y en menor proporción carbonatos, representados estos por lutitas - calizas de la Formación Ojinaga - Boquillas - Eagle Ford (**Kcet Lu-Cz**), calizas - lutitas correspondientes a la Formación San Vicente - Austin (**Kcoss Cz-Lu**) y lutitas - calizas pertenecientes a la Formación Pen (**Kcoss Lu-Cz**).

En la porción oriental de la carta afloran una serie de diques de composición andesíticos de edad Eoceno (**Te PA**) que afectan a calizas y lutitas de las formaciones Buda Y Boquillas. Discordantemente a calizas y lutitas de la Formación Ojinaga - Boquillas, se observan derrames y tobas de composición andesítica y basaltos (**To A-TA**), que son cubiertas por tobas riolíticas, flujos piroclásticos, tobas líticas, tobas cristalovítreas y algunos flujos de ignimbritas (**To TR**) y el emplazamiento de grandes cuerpos intrusivos de composición granito con variaciones a una sienita (**To Gr-Si**), afectando al paquete sedimentario, como se observa en el cerro Colorado, áreas Aguachile, Cueva y Los Tubos. En la sierra Azul se observa otro intrusivo de composición granítico (**To Gr**)

Sobreyaciendo discordantemente a las unidades calcáreo arcillosas se tiene un conglomerado polimíctico (**TplCgp**). Los depósitos de coluvión (**Qhoco**), están conformados por gravas y boleas que se depositan principalmente en la zona de páramo. El aluvión (**Qho al**) son depósitos que se distribuyen ampliamente en las porciones bajas (valles) y en las riveras de las pequeñas corrientes.

Carpenter D. L. (1997) describió como metamorfismo y deformación pre-Cretácica a rocas que presentan en sus planos axiales, un engrosamiento en la charnela y adelgazamiento en los flancos, característico de la deformación dúctil.

En base a las características de la carta la deformación dúctil – frágil se agrupa en dos bloques: el primero se localiza en la porción oriental y el segundo en la porción poniente, en el primero se manifiestan las estructuras con una orientación N 10° - 50° W: Anticlinal Del Burro, anticlinal recumbente El Consuelo, Sinclinal San José, Anticlinal San José, Anticlinales San Rosendo, La Herradura y sinclinal San Rosendo, Anticlinal Cerro Colorado, Anticlinal El Bonito, Sinclinal El Bonito, Sinclinal Morelos - Cuatro Palmas, Anticlinal Cerro Prieto, Sinclinal Malabrigo, Anticlinal Sierra del Carmen, Anticlinal recumbente San Vicente, así como las cabalgaduras San Vicente y El Consuelo con una dirección N 10°-25° W.

En el segundo lo constituyen las estructuras con dirección N 25° W: Anticlinal Santa Elena y el Anticlinal Sierra Azul. Hacia el oriente de esta estructura se observa la cabalgadura Sierra Azul.

Posterior a los esfuerzos compresivos provocados durante la Orogenia Laramide, se presentan fases de tipo extensional, provocando la formación de fallas normales, en la porción oriental de la carta estas presentan un rumbo NW 12° - 40° SE y hacia la porción poniente de la misma se observa una variación en su rumbo NW 35° - 60° SE, otro sistema sería la falla Las Norias, al norte de esta se observa una serie de fallas escalonadas, estas fallas forman parte del Lineamiento Boquillas – Sabinas.

La falla Santa Elena se localiza en la Sierra de Ponce, en su extremo NW se bifurca formando la Falla Tres Marías. Esta falla presenta un desplazamiento vertical de más de 300m. Asociado a este sistema se tienen los lineamientos Sierra El Carmen – Cañón Colorado, Morelos - Los Burras, Las Norias, Manuel Benavides, asociado a estos se emplazan las rocas volcánicas e intrusivas.

En la porción oriental, se observa un curvilineamiento el cual fue denominado Cerro Colorado, es una estructura circular de 10 Km. de diámetro, conformado en su parte central por un intrusivo colapsado, al noroeste de este intrusivo, se presentan una serie de estructuras circulares; Aguachile, Cerro Prieto, Pico Etéreo, La Hormiga, Cerro La Cueva, Rancho Nuevo, El Veinte, algunas de estas estructuras también son colapsadas o levantadas por cuerpos intrusivos, afectando y mineralizando a las rocas sedimentarias. En la porción central de la carta se tiene un curvilineamiento denominado El Jardín, de forma cóncava, con un diámetro de 16 Km, corresponde al reflejo de un cuerpo intrusivo a profundidad, de posible dimensiones batolíticas y asociado a mineralización de fluorita, berilio, plomo, zinc y plata. Otro curvilineamiento se localiza en la porción poniente, en la Sierra Azul. aproximadamente de 15 Km. de diámetro afectada en su parte central por un cuerpo intrusivo.

Los elementos paleogeográficos que prevalecieron durante el Cretácico, para la porción poniente de la carta fue la Cuenca de Chihuahua y para la porción oriental la Plataforma del Burro Peyotes, quedando estos elementos dentro del Terreno Coahuila, Según Campa y Coney (1983).

En lo que respecta a yacimientos minerales no metálicos y metálicos, dentro de la carta se han definido cuatro zonas mineralizadas y una área mineralizada, de las cuales tres zonas forman parte de la región fluorífera del noroeste de Coahuila siendo: las zonas mineralizadas Aguachile (Fluorita, Berilio), Sierra del Carmen (Fluorita, Berilio, Pb, Zn, Ag, Cu) y San Vicente (Fluorita, Calcita), la zona mineralizada Sierra Azul (Fe, Ag, Pb, Zn, Au,) y el área mineralizada Tres Marías (Zn, Pb) forman parte de la Región minera de La Perla, en el Estado de Chihuahua.

La zona mineralizada Aguachile es una de las zonas más importantes en lo referente a mineralización de fluorita con berilio, las minas que sobresalen son: Aguachile y La Daniela con una longitud de aproximadamente 670 m, un ancho de 2.0 a 30 m y una profundidad de 122 m. La mineralogía está constituida por fluorita y berilio, como ganga se tiene calcita, cuarzo, hematita y limonita. Con el muestreo realizado se obtuvieron valores de 39.2 a 87.45 % de CaF_2 y 59.1 a 706.6 ppm de Berilio. Con un potencial de 150,000 ton, probables.

Existe otro número de prospectos y minas de menor importancia siendo: El Caracol, La Fácil, Doña Niño, Mal Abrigo, Santa Fe, Cerro Prieto, Las Alicia y La Mene. También se explotan calizas (laja, losa) bancos de Material Puerto La Cabeza y Las Palomas y por cantera Tinaja Dura y Los Tubos.

La zona mineralizada Sierra El Carmen. Se localizan en la base poniente de la Sierra del Carmen, donde existe una gran cantidad de obras mineras con desarrollos de más de 500 m, las cuales se encuentran inaccesible, siendo las más importantes las minas Puerto Rico, San José-Zaragoza y Puerto Rico Tres, la roca encajonante las constituyen calizas con intercalaciones de lutitas y horizontes dolomitizados, donde la mineralización se encuentra emplazada a lo largo de la falla Las Norias, formando zonas irregulares, vetas, mantos y bolsadas, con un rumbo N 28°-70° W y buzamiento de 25° a 65° al NE. La mena está constituida por óxidos de plomo – zinc (carbonatos y silicatos) con valores de plata, la ganga la constituyen calcita, barita, trazas de fluorita, cuarzo, pirita y montmorillonita. Los valores que se obtuvieron con el muestreo son: en la mina Puerto Rico 95 a 255 g/t de Ag, 3.0 a 23 % de Pb, 2.15 a 24.25 % Zn y 1.55 a 6.8 % Cu ; en la mina San José 50 a 215 Ag g/t, 0.80 a 25.7 % Pb, 2.60 a 8.50% Zn y 1.27 a 3.85% de Cu y en la mina Puerto Rico Tres reporto 48 a 142 g/t Ag, 0.50 a 2.56 % de Pb, 0.58 Zn y .011 de Cu.

Otros prospectos y manifestaciones que se localizan dentro de esta zona mineralizada son: El Cañón, El Centinela, El Pozo, La Media Luna y Fin del Jardín. En lo referente a no metálicos se tienen los prospectos Arroyo Carlos y Samuel (Zeolitas), Punta de Agua (Mármol)

La zona mineralizada San Vicente, se localiza en la porción centro-sur de la carta, esta zona tiene su continuación hacia el sur en la carta San Miguel, se caracteriza por la existencia de un gran número de obras mineras y catas, labradas en calizas de la Formación Santa Elena, en la cual se explotaron vetas y mantos de Fluorita y Calcita, las minas y prospectos más sobresalientes son: Las Panchas, Angeles, El León, El Salto, Subirán, Evelyn, El Macho, La

Boquilla, La Boquilla 2, Las Cucas, Victoria, De Enmedio, San Genaro, Evelyn 2, Reyes, El Chupadero y Allende.

Izaguirre, R. M. en (1989) en las minas San Genaro, Evelyn y Evelyn 2, menciona que la mineralización de Fluorita se presenta en forma de manto y relleno de cavidades y concluye que en la mina San Genaro tiene una ley de 75.7% de CaF_2 , con un ancho promedio de 0.48m, con un potencial de 21,149 toneladas probables y 25,143 toneladas posibles. El prospecto Evelyn con ley de 33.93 CaF_2 y un ancho de 0.69m y Evelyn 2 con ley de 42.15% CaF_2 y ancho 0.75m. Con el muestreo realizado en la carta en estas minas se obtuvieron valores de 37.63 a 76.15 % de CaF_2 . El resto de los prospectos se les realizó un muestreo reportando valores del orden de 4.73 a 90.91 % de CaF_2 .

La zona mineralizada sierra Azul se localiza en el extremo poniente de la carta, donde la mina mas importante es la de San Carlos, que fue explotada por ASARCO en la época de 1942-1952, con una producción total de 1 500 000 ton, su mena principal es fierro asociada a sulfuros de plomo, zinc y cobre, oro y plata, con un ancho de 3.0 m, y una longitud de 200 m, Desconociéndose la profundidad, con el muestreo realizado se obtuvieron los valores de 2.55 a 40.0 % de Fe, 5.0 a 71 g/t de Ag, 1.15 a 3.38 % Pb y 1.25 a 3.38 % de Zn. Otra mina importante es La Gotera, con mineralización zinc, plomo y fluorita, como ganga cuarzo, calcita y hematita, Su génesis corresponde a yacimientos tipo Mississippi Valley. Otra corresponde a la manifestación de mineralización Punta De Agua, que corresponde a una zona de skarn, con mineralización plomo y pirita. De menor importancia El Navoreño, La Esquina y Samuel.

El área mineralizada Tres Marías Se localiza en la porción poniente de la carta, la constituyen la mina Tres Marías, los prospectos La Osa, Junco, El Uranio y El Quemado, la mineralización se observa en pequeñas bolsadas y fracturas rellenas de óxidos, sus dimensiones varían de cm a metros, la mineralización esta constituida por óxidos de zinc y plomo con valores 0.12 a 25% de Zn y 2.04% de Pb, por las características que presenta se considera como un Yacimiento Tipo Mississippi Valley.

I.- INTRODUCCION

I.1.- OBJETIVO DEL 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 Consejo de Recursos Minerales instituyó un programa de Infraestructura Básica Geológica – 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.

Este programa se basa en la misión del Consejo de Recursos Minerales que consiste en “generar, interpretar y difundir la infraestructura de información

Geológico – Minera básica, y 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; ésta información se sintetiza en cartas especializadas, accesibles, al público en planos impresos o de forma digital, que se complementará con información textual.

El caso del presente estudio consistió en realizar la cartografía Geológico – Minera y Geoquímica de la carta Manuel Benavides, clave H13-9, escala 1:250,000, mediante la exploración integral programada, realizando estudios de imágenes de satélite, fotografías aéreas y cartografía Geológico - Minera de campo, mapeando unidades

litoestratigráficas, zonas de alteración; paralelamente se realizó un estudio geoquímico de sedimentos activos de arroyo; Así como la prospección geológico – minera con el respectivo inventario e interpretación correspondiente, además de un estudio de magnetometría aérea, el cual no es parte de éste informe.

I.2.- TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos consultados para el desarrollo de la carta Manuel Benavides son del índole geológico y minero los cuales se describen los más importantes siendo los siguientes: Figura 1.

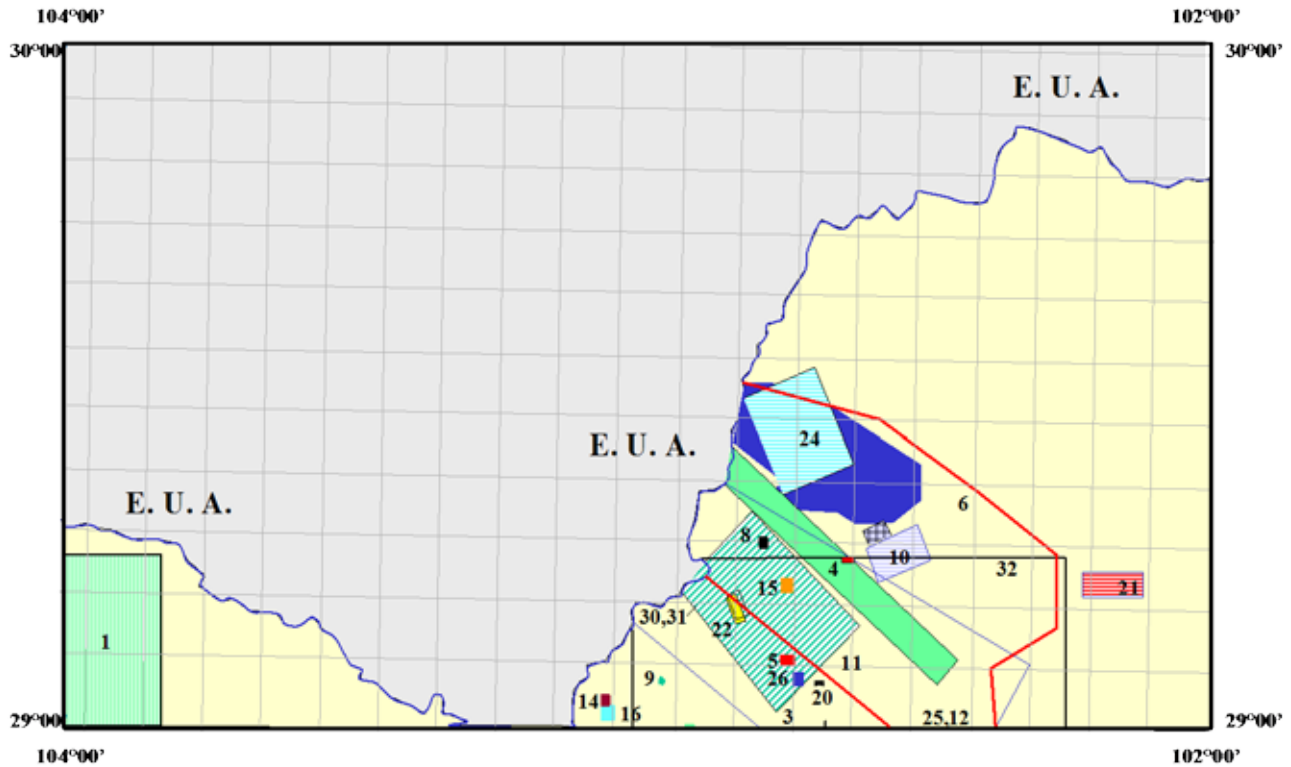


Figura 1.- Plano de Compilación Bibliográfica

W. N., McNulty, J. M. Rasberry, W. M. Davis, W. T. Haenggi, Avila. R. P. C., y otros autores, desde el año de 1955 hasta 1990 han realizado diversos estudios geológicos mineros enfocados a la exploración y explotación del Distrito Fluorífero de Pico Etéreo (Compañía La Domincia). También cabe señalar que W. N. McNulty, C. R. Sewell, D. R. Atkinson, J. M. Rasberry, definen que la mineralización de fluorita y berilio fueron transportados por soluciones hidrotermales y alojadas en calizas del Cretácico y zonas brechadas

cercanas al contacto con los diques riolíticos porfídicos.

García G. C., en 1959 realiza para la Comisión de Fomento Minero, un informe sobre los depósitos de fluorita de Aguachile, en el norte del estado de Coahuila, donde sugiere que sea concedido el permiso para la explotación del berilio, el cual viene asociado a la fluorita.

Daugherty, F. W., en 1962 realiza su disertación doctoral de la geología del área de Pico Etéreo,

Municipio de Acuña, Coahuila, donde pone especial énfasis tanto en la descripción de las unidades estratigráficas sedimentarias como en las rocas ígneas que intervienen en el proceso de la mineralización de fluorita.

Arenal del C. R. 1964. realiza un Estudio Geológico del Área Ojinaga – San Carlos, Estado de Chihuahua, donde describe la estratigrafía del Cretácico Superior, poniendo especial énfasis en la Formación Aguja, que contiene horizontes de carbón y que es correlacionable con la Formación Olmos de la Cuenca de Sabinas, donde se explotan mantos de carbón.

Smith, C. I. 1970, define la estratigrafía en la intersección del Golfo de Sabinas y las Penínsulas de Coahuila y Tamaulipas del Cretácico, dividiéndolas en las series Coahuiliana y Comanchiana.

Sarmiento, B. R. y Sánchez, A. P., Benitez, M. J. A., en el año de 1973, realizaron la segunda etapa de los trabajos de Exploración Geoquímica Regional del Norte de Coahuila, determinando varias anomalías de Cu, Pb, Zn.

Villasana, H. M. A., Espinosa, M. M., Fuentes, P. T. E. González, A. A., Izaguirre, R. M. A., Martínez, T. M., Rivera, M. J. C., Castro, G. S. y otros, durante los años de 1981 a 1992 realizaron visitas de reconocimiento geológico minero a diversos lotes mineros, en las zonas de Pico Etéreo, Sierra El Carmen y San Vicente, con la finalidad de determinar el potencial fluorífero de la zona.

González, R. A., en el año de 1989 realiza la exploración regional en la sierra El Carmen, Coah., determinando 13 áreas favorables para prospección minera. Posteriormente Rivera, M. J. C., en 1990 - 1991 realiza el reconocimiento geológico y perspectivas económicas de estas zonas anómalas.

En la sierra El Carmen se realizaron diversos estudios geológicos, enfocados a la determinación de yacimientos metálicos.

Sánchez A. P. En 1975 realiza un estudio geológico – geoquímico de la parte poniente de la sierra El Carmen, a lo largo de la falla Las Norias, donde indica que la presencia de galena y blenda en las minas principales, puede ser indicios de una zona de sulfuros primarios posiblemente de interés

Durante los años de 1975 - 1979, realizan un convenio Japan International Cooperation Agency

(JICA) and the Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) y el Gobierno de México a través del Consejo de Recursos Minerales (CRM), para efectuar trabajos de exploración geológica, geofísicos (aeromagnéticos), geoquímicos, análisis de Imágenes LANSAT, fotogeología y barrenación de diamante. en el porción norte del estado de Coahuila (sierra El Carmen).

Immitt, J. P. en 1985 define que el depósito de skarn de San Carlos se localiza en la cresta del Anticlinal Sierra Azul, donde el metamorfismo térmico y el metasomatismo son los dos tipos de alteración que jugaron un papel muy importante en la génesis del yacimiento mineral.

González, A. A., Izaguirre R. M. A. En 1989 definen que los depósitos minerales del área Carmen, Puerto Rico Tres, son de origen hidrotermal formados a bajas temperaturas y presiones.

En 1987, James W. Handschy, G.R. Keller y K.J. Smith. En su trabajo The Ouachita System in Northern Mexico. Tectonics, definen que el terreno Coahuila, esta compuesto por terrenos mixtos, incluyendo bloques de un Arco Volcánico de edad Paleozoico tardío y fragmentos exóticos Continentales, que fueron adheridos a Norte América, probablemente durante la etapa final y después de la Orogenia Ouachita, anteriormente y durante de la apertura izquierda del Golfo de México.

En 1986, Christopher D. Henry, Jonathan G. Price, en su trabajo Early Basin and Range Development in Trans – Pecos Texas and Adjacent Chihuahua: Magmatismo and Orientation, Timing and Style of Extension. Mencionan que la formación de las capas rojas del Cretácico fue depositada durante y posterior a la apertura del basamento. También señalan que la topografía que presenta el basamento de esta región, es el resultado desplazamientos de alto ángulo, predominantemente NNW, siguiendo un patrón de fallamiento, que posteriormente se reactiva cambiando su dirección al WNW.

I.3. METODOS DE TRABAJO

La metodología aplicada en la realización del proyecto integral cartográfico de escala 1:250,000, consiste de tres etapas durante un año:

1.- Gabinete, al inicio de los trabajos (recopilación de información).

2.- Cartografía, como parte medular del estudio

3.- Integración, interpretación, elaboración de informe y planos finales, como resultado total del trabajo.

La primera etapa de gabinete y no mayor a los dos primeros meses del año está compuesta de:

a.- Recopilación de información para su selección, integración y reinterpretación para los fines geológico – mineros y geoquímicos perseguidos. Las fuentes de información son el propio Consejo de Recursos Minerales, bajo la base cartográfica de INEGI, además de instituciones afines (PEMEX, CFE, SAGARPA), universidades y empresas mineras.

b.- Interpretación de imágenes de satélite con especial énfasis en lineamientos, curvilineamientos, zonas de alteración y relación estructural con yacimientos minerales conocidos, para la definición de nuevas áreas prospectivas.

c.- Interpretación del modelo digital de elevación, poniendo énfasis en lineamientos.

d.- Programación de localidades de muestreo de sedimento activo de arroyo para geoquímica regional, con densidad de una muestra por cada 26.5 km², aplicando el criterio de cuencas y subcuencas hidrológicas.

La segunda etapa se realiza en campo y corresponde alrededor de nueve meses, donde los dos primeros meses la actividad es parcial y en general consiste de:

a.- Obtención del muestreo Geoquímico de sedimento activo (limos y arcillas) de arroyo, con un total de 319 muestras a las cuales se les aplicó un análisis cuantitativo multielemental; finalmente se definen 31 elementos para el análisis de todas las muestras; el cual se controla mediante fichas

alfanuméricas, con obtención de datos geológicos puntuales.

b.- La cartografía geológica mediante la verificación de contactos, secciones geológicas y apoyo con las fotografías aéreas en áreas de complicación geológica y/o de interés económico. La información se enfoca hacia la obtención de cartas geológicas cronoestratigráficas.

c.- Reconocimiento geológico minero, con muestreo representativo de la mineralización, definiendo calidad, potencial y perspectivas de yacimientos minerales, tanto metálicos como no metálicos. Se delimitan zonas, distritos o provincias mineralizadas con sus respectivas características, además de áreas nuevas prospectivas.

d).- Se obtuvieron 116 muestras de esquirlas de zonas mineralizadas y alteraciones para análisis químico; 10 muestras para análisis de roca entera; 41 muestras para petrografía; 1 muestra para minerografía; 17 muestras para análisis por difracción de rayos X y Fluorescencia; 6 muestras para oclusiones Fluidas, 6 muestras para roca dimensionable y 3 muestra para análisis paragenético y dos muestras para datación Isotópica.

La tercer y última etapa consistió en la integración e interpretación de la información obtenida, se realiza durante los últimos tres meses del año. Se produce un informe final con los siguientes planos digitalizados: Geológico Minero Estructural; diez planos Geoquímicos (uno por elemento); plano de interpretación de imágenes y plano de Geofísica (Magnetometría Aérea). Cabe mencionar que la información estará disponible en diskette y se podrán combinar varios temas, para obtener planos especiales

II.- GEOGRAFÍA

II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

La carta se ubica en la porción noroeste y noreste del estado de Coahuila y Chihuahua respectivamente, abarca parte de los municipios de Acuña y Ocampo, Coah., Así como Manuel Benavides, Chih. Al norte a lo largo del Río Bravo limita con el Estado de Texas, U.S.A. Geográficamente queda dentro de las coordenadas 29° 00' a 30° 00' de latitud norte y 102° 00' a 104° 00' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 8,485 km². Figura 2

II.2. ACCESOS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso se realiza partiendo de la Cd. de Múzquiz, Coah., en dos trayectos, ambos iniciándolos por la carretera Estatal No 92. El primero con un recorrido de 200 Km, pasando por las rancherías El Melón, Morelos, Aguachile hasta llegar a Cuatro Palmas y el segundo es de 370 Km, pasando por las rancherías El Melón, San Miguel, Álamo de Marquez, Paso de San Antonio, hasta llegar al poblado de Manuel Benavides. Así como a las diferentes áreas de la carta, y zonas mineras.

Carta Manuel Benavides H13-9

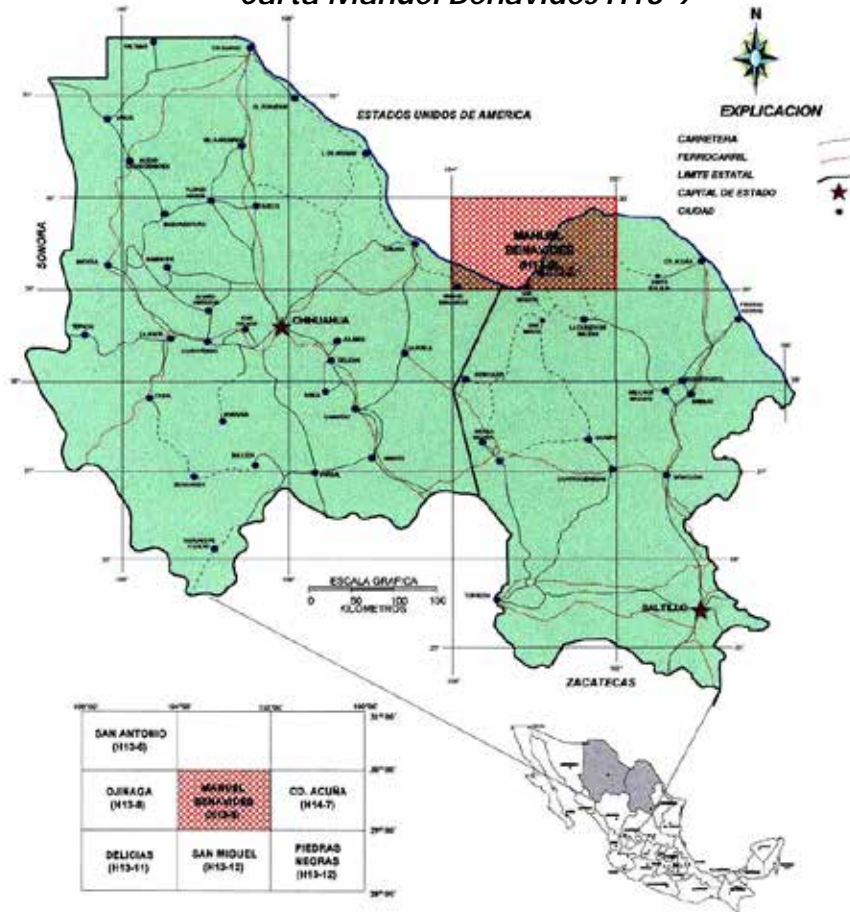


Figura 2.- Plano de Localización

II.3. FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente la carta queda comprendida en la provincia fisiográfica Cuencas y Sierras, y la porción oriental de la subprovincia Sierras del Norte, (Raisz, 1964). Figura 3

En la porción Poniente de la carta destaca una morfología dómica alargado y arqueado la cual conforma la Sierra Azul, constituida por rocas sedimentarias e intrusivas, así como también la prolongación de la Sierra del mulato, cuya morfología es abrupta en sus partes altas, suavizándose hacia su base y constituida principalmente por rocas volcánicas.

Al oriente de la Sierra Azul destaca la Sierra de Ponce, con una dirección N 25° W, en su porción oriental presenta un escarpe de mas de 600 m de desnivel.

En la porción oriente de la carta, dentro de la subprovincia Sierras del Norte, uno de los rasgos más sobresalientes es el escarpe de más de 1800 m de desnivel, que se manifiesta en la parte poniente de la sierra El Carmen, donde son expuestas rocas metamórficas y sedimentarias. Al sureste de esta sierra se observa el cerro El Centinela cuyas elevaciones oscilan de 2500 m.s.n.m., constituidos por rocas ígneas donde se les observa un drenaje dendrítico.

En la porción centro poniente de la carta, principalmente en el área de Aguachile y Cuatro Palmas – La Linda predomina un drenaje radial, asociados a estructuras circulares, originadas por eventos ígneos intrusivos, los cuales han levantado y deformado la carpeta sedimentaria.

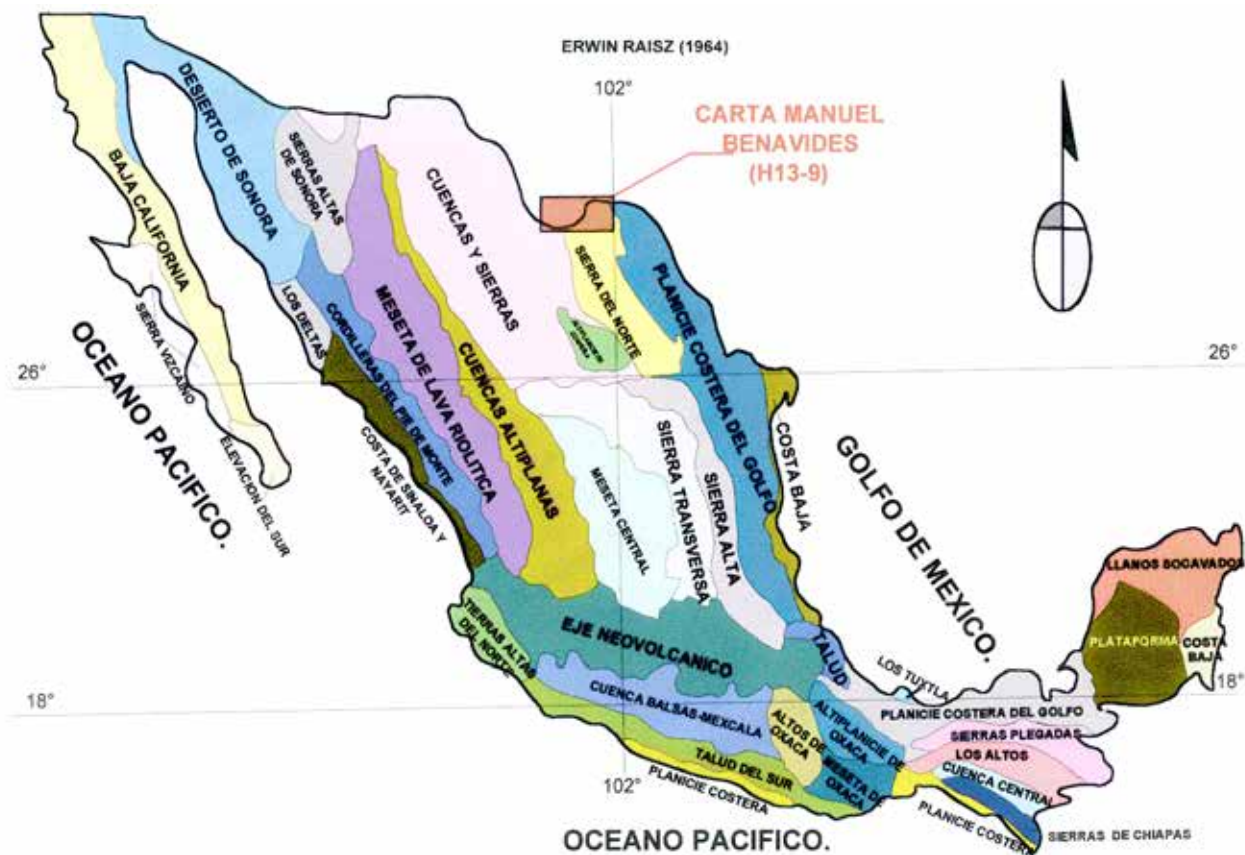


Figura 3.- Plano de Provincias Fisiográficas

III.- GEOLOGÍA

III 1.- MARCO GEOLÓGICO.

Según las divisiones de terrenos estratotectónicos realizado por Campa y Coney (1983), la carta queda comprendida dentro del Terreno Coahuila,

La carta se encuentra controlada por los paleoelementos denominados Cuenca de Chihuahua para la porción poniente, representado por rocas de edad que van del Carbonífero (?) al reciente y en la porción oriental por la península del Burro Peyotes, representada por rocas de edad Paleozoico (?) al reciente, así mismo son afectados por una serie de eventos volcánicos intrusivos y extrusivos de edad Terciaria.

Denison, 1969 menciona que las rocas más antiguas la constituyen Esquistos pelíticos y calcáreos (P?E),(277 Ma.) los cuales afloran en la base poniente de la Sierra del Carmen, también afloran argilitas (Pc?Ag), las cuales tienen su mejor expresión en la porción norte de la Sierra Azul,

según Immitt J. P. Estas rocas pueden ser equivalentes a la Formación Tesnus del Pensilvánico del Occidente de Texas.

Sobreyaciendo discordantemente a los esquistos paleozoicos se tiene un Conglomerado Rojo polimíctico que cambia gradualmente hacia su cima a Areniscas rojas (KhbCgp-Ar(?)) Formación Puerto Rico), son de origen continental. Las Argilitas son cubiertas discordantemente por una alternancia de areniscas, lutitas y calizas, afectadas por metasomatismo de contacto, equivalentes a la Formación La Mula

Sobreyaciendo discordantemente a los conglomerados rojos y a la alternancia de areniscas, lutitas y calizas se presenta una carpeta de rocas calcáreo arcillosas alternantes del Cretácico Inferior (Barremiano – Albiano), las cuales conforman la Plataforma Burro Peyote (Formaciones Cupido, Peña, Glen Rose, West Nueces - Telephone Canyon, Edwards–Del Carmen, Mc Knight - Sue

Peak, Salmon Peak - Santa Elena) - Cuenca de Chihuahua (Formaciones Cupido, Peña, Benigno, Bronce, Finlay, Benavides).

El Cretácico superior dentro de la carta esta representado por un paquete de rocas arcillo – calcáreas, que hacia la cima se incrementa el contenido de horizontes arcillo arenosos. Sobreyacen concordantemente al paquete de rocas del Cretácico Inferior. Para la porción poniente de la carta dentro de la Cuenca de Chihuahua esta conformado por las Formaciones Del Río, Buda, Ojinaga, y para la porción centro –oriente dentro de la Plataforma Burro-Peyotes queda involucradas las Formaciones Del Río, Buda, Eagle Ford - Boquillas, Austin - San Vicente. FOTOGRAFÍA 1

Para el Terciario se presenta una intensa actividad ígnea, la cual inicia en el Eoceno incrementándose en el Oligoceno, siendo característica la formación de estructuras de tipo caldera, cabe señalar que las rocas ígneas (pórfido riolítico) han sido las de mayor importancia en la generación de mineralización de Fluorita.

Posteriormente a la culminación de los eventos ígneos y durante Plioceno se lleva a cabo el relajamiento distensivo, que favorece la depositación de sedimentos conglomeráticos hacia las zonas bajas (fosas tectónicas)

Como ultimo evento y cubriendo a la gran mayoría de unidades litológicas se tienen depósitos de aluvión (limos, arcillas y arenas) y coluvión que están constituidos por gravas y boleas no consolidados. Las estructuras de mayor relevancia son: los Anticlinorios Del Burro, Sierra El Carmen, el Sinclinorio Morelos-Cuatro Palmas, los anticlinales Sierra Azul, Santa Elena, San Vicente, Cabalgaduras San Vicente, Sierra Azul, formadas durante la Orogenia Laramide, a finales del Cretácico Superior – Terciario inferior (Paleoceno.

Posteriormente a la deformación Laramide se tienen esfuerzos distensivos que dan origen a fallamiento de tipo normal formándose la Falla Las Norias, y Falla Santa Elena.

Posteriormente a finales del Terciario se presenta una intensa actividad ígnea, producto de los desplazamientos del Arco Magmático lo cual provoca una serie de Fosas y Pilares, acompañados por fallamientos de tipo normal.

III.2.- ESTRATIGRAFÍA

Las unidades litológicas que afloran dentro de la Carta varían en edad, del Paleozoico al Reciente. Figura 4

PALEOZOICO

ESQUISTO (Pd)? E)

Esta unidad fue descrita por primera vez por P.T. Flawn, 1958, y posteriormente por C.I. Smith, 1977, para los esquistos que se localizan sierra El Carmen donde reportan una edad 240 – 370 Ma por el método K-Ar ubicándolas en el Paleozoico, Sánchez A. P., (1975), describe un esquisto micáceo de posible edad paleozoica, el cual esta subyaciendo en forma discordante angular a clásticos continentales. A través del convenio JICA – CRM y Metal Mining Agency of Japan 1978, PHASE III, mencionan que al nor – noroeste de la Mina Puerto Rico y al este de la Mina Papícuaro, se tiene una pequeña ventana, donde se encuentran expuestos esquistos Pelítico calcáreo, de textura esquistosa de color verde oscuro a gris oscuro y a un esquisto psamítico calcáreo, cuya apariencia es de color gris a café, su textura es esquistosa de grano medio arenoso. Figura 5

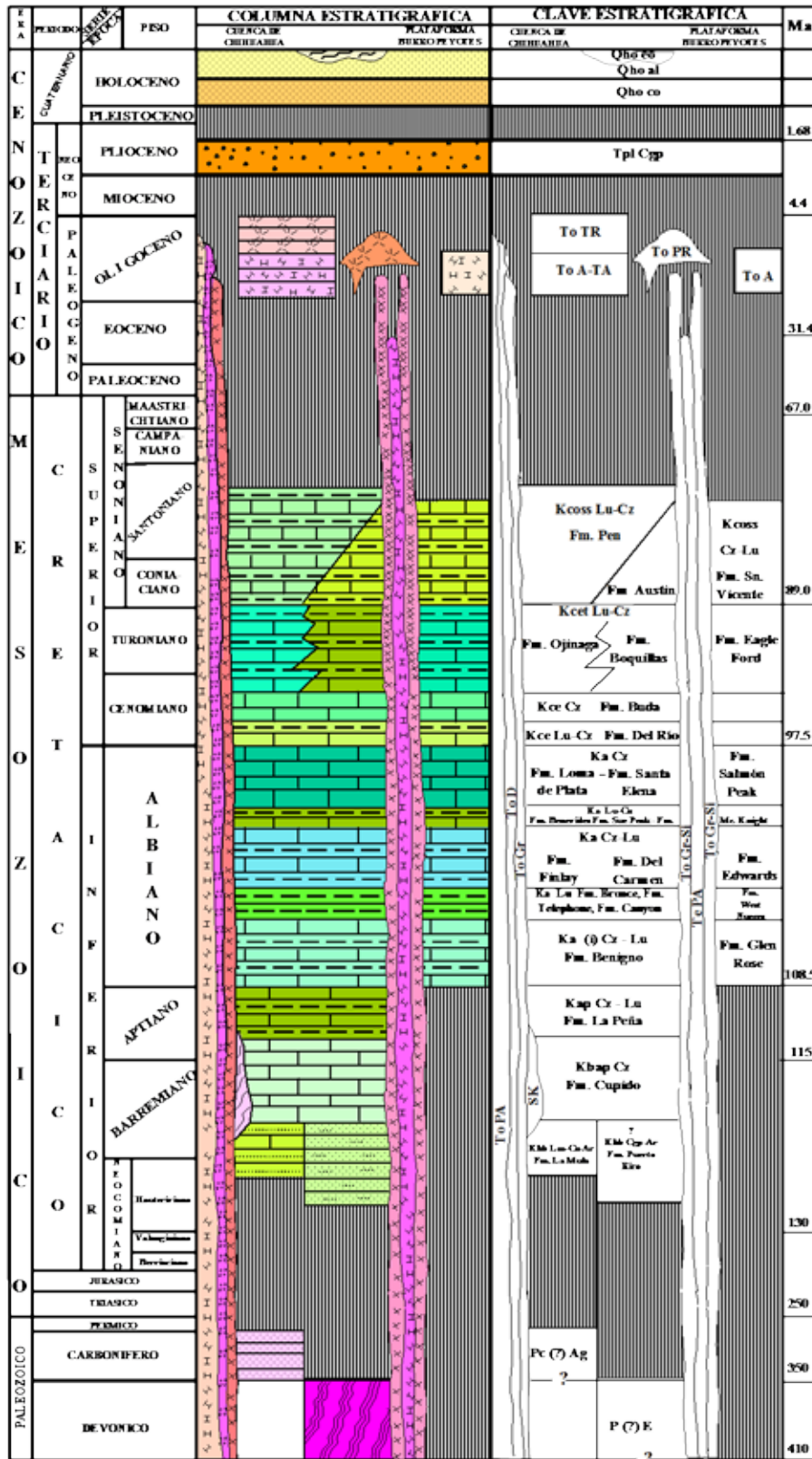


Figura 4 Columna Estratigráfica

Flawn P.T. (1958) y Smith C. I. (1977), reportan edades de 240 y 370 Ma del basamento por el método K-Ar, esta unidad se ubica en el rango del Pérmico al Triásico Inferior. Denison et al (1969 y 1977) data la edad del metamorfismo (263 ± 5 Ma por K-Ar, 275 ± 20 Ma por Rb-Sr) ubicándola en el Pérmico. Por tal motivo esta unidad es considerada de edad Paleozoico (Devoniano).



Fotografía 2 .- Esquisto Calcereo Riolítico de edad Paleozoico?, localizados localizados en la base poniente de la Sierra del Carmen

ARGILITAS (Pc? Ag)

Immit, J. P. 1985. Describe a una unidad argílica como la mas antigua y que aflora en el núcleo del anticlinal Sierra Azul, Esta unidad se localiza en la parte norte de la Sierra Azul y al sur de la mina San Carlos, su afloramiento consiste de aproximadamente 15 Has. son de color verde olivo, intemperiza vede claro a pardo, presenta estratificación delgada, estructura compacta, textura de grano muy fino donde solamente se aprecian pequeños granos de cuarzo, su estudio petrográfico MB-135 la describen como una roca compacta dura, su microtextura es epiclástica pelítica, contiene cuarzo, minerales arcillosos y opacos, clasificándola como una lodolita. Esta unidad en su base es afectada por el intrusivo granítico, subyace discordantemente al conglomerado de cuarzo y pedernal. Su edad tentativa es del Carbonífero, correlacionándose con la Formación Monillas en la Mina de Plomosas – Placer de Guadalupe y la Formación Tesnus del Occidente de Texas. En esta unidad no se observo evidencias de mineralización económica.

CRETÁCICO INFERIOR.

FORMACIÓN PUERTO RICO

Conglomerado Polimíctico- Areniscas (Khb Cg – Ar)

Sánchez A. P. (1975) describe a un conglomerado rojo, a una arenisca roja y una alternancia de areniscas y lutitas rojas localizadas en la base poniente de la sierra El Carmen. El conglomerado esta constituido por guijarros de cuarzo cementados por areniscas rojas y sobreyace discordantemente a los esquistos. Así mismo menciona que las areniscas rojas se encuentra sobreyaciendo al conglomerado rojo en forma discordante con espesores que varían de 50 a 80 cm, ambas unidades tiene su matriz oxidada de probable origen continental. Las ubica tentativamente en el Triásico. Las areniscas pasan de forma gradual a lutitas y areniscas rojas interestratificadas, tienen un espesor de 20 a 40 m, las asigna tentativamente al Cretácico Inferior, correlacionándolas al oeste con la formación Las Vigas.

En el convenio JICA – CRM y Metal Mining Agency of Japan 1978, PHASE III agrupan a los conglomerados rojos, areniscas rojas y a la alternancia de areniscas y lutitas rojas como Formación Puerto Rico, ubicándola en el Cretácico Inferior.

Esta unidad es expuesta por contacto tectónico (falla Las Norias) a lo largo del flanco noreste de la sierra El Carmen, donde su superficie aflorante es de aproximadamente 6 km de largo por 0.2 Km de ancho. Megascópicamente se le observa una coloración rojiza a nivel de afloramiento, su estratificación es gruesa gradada, alternante, su litología se compone principalmente de guijarros, gravas y arenas de origen volcánico, cuarzo metamórfico, pedernal y esquistos, embebidos dentro una matriz arenosa, además presenta una coloración rojiza característica, producto de la oxidación dominante en esta roca. Petrográficamente las muestras MB-20 y 21 la describen como una roca de textura epiclástica orientada y micro clástica, contiene fragmentos de roca, cuarzo, feldespato, hematita arcillosa, como accesorios calcita Muscovita epidota, en una matriz de hematita y se clasifica como una Wacka Lítica y Brecha Polimíctica de origen sedimentario. Fotografía 3

Su espesor aflorante se estima en 150m. Sobreyace discordantemente a los esquistos y subyace discordantemente a calizas de la Formación Cupido. Por su posición y relaciones estratigráficas se le ubica en el Hauteriviano – Barremiano, correlacionándose con la Formación La Mula.



Fotografía 3.-Conglomerado Rojo. Formación Puerto Rico. Estratificación Gradada, compuesto por fragmentos metamórficos y volcánicos envueltos en una matriz arenosa oxigenada.

Limolitas - Conglomerados oligomítico (Khb Lm-Cgo)

Immitt J.P. (1985), define en el núcleo del Anticlinal Sierra Azul, a dos unidades, la Inferior constituida por un conglomerado y una cuarcita, la Superior constituida por un conglomerado y una limolita, ambas unidades separadas por un diquestrato de diorita. La edad de la unidad es desconocida, pero probablemente corresponda a la parte inferior del Cretácico. En este trabajo la unidad se cartografía como limolitas y conglomerado oligomítico del Hauteriviano-Barremiano y se correlaciona por posición estratigráfica con la Formación La Mula.

Esta unidad se localiza en la parte oriental de la carta en el área de Manuel Benavides, específicamente en la parte centro-norte en ambos flancos del anticlinal Sierra Azul, cuya estructura conforma en su totalidad a la sierra Azul. Su litología esta constituida por limolitas, conglomerados y areniscas afectados por metamorfismo de contacto.

Unidad inferior: Conglomerado, presenta estratificación gruesa, es de color gris claro e intemperiza de colores amarillo a gris, esta compuesto por fragmentos de cuarzo, pedernal, en una matriz de grano fino, los granos son subangulares de cuarzo blanco, el cemento microcristalino de cuarzo. Llega a tener un espesor de 30 m. Cuarcita presenta estratificación delgada, es de color gris claro a tonalidades blancas, su

textura es de grano fino, constituida en su mayoría por granos redondeados de cuarzo.

La unidad superior la constituye la limolita, en estratos de 25cm., en donde su contacto superior es gradual y transicional con el conglomerado, mientras que el inferior es brusco y muy marcado con la unidad de cuarcita subyacente, al intemperizar es de color gris claro – verde, se compone de fragmentos de cuarzo lechoso, en una matriz de granos subangulares de cuarzo, diópsido y cemento de cuarzo lechoso, en donde el diópsido representa el mineral metamórfico equivalente de los constituyentes arcillosos de la dolomita presente en la matriz original, esta unidad presenta espesores de 47 a 79 m.

Las muestras MB-127 a 135 muestran las características petrográficas de esta unidad y se resume a continuación: 35 a 75 % de granos subangulares de cuarzo, de 20 a 60 % de una matriz microcristalina de grano fino, la cual puede estar formada por cuarzo, diópsido, tremolita y cantidades menores de idocrasa, 5 % de fragmentos angulares de roca volcánica, traza de calcita, clorita, epidota, magnetita. Es probable que los minerales metamórficos producidos a partir de la arcilla original presentes en la matriz sean de diópsido, tremolita, clorita, epidota e idocrasa.

Esta unidad sobreyace discordantemente a la unidad argílica, así mismo subyace discordantemente a calizas marmorizadas, dolomitizadas de la formación Cupido. Por su posición estratigráfica puede correlacionarse con la formación La Mula, formación San Marcos y formación Puerto Rico que se localiza en la base de la Sierra del Carmen.

FORMACION CUPIDO

Calizas (Kbap Cz)

Imlay, R. W. (1936) define una secuencia calcárea expuesta en la porción media de la sierra de Parras, entre las formaciones La Peña y Taraises. La localidad tipo fue designada en la parte norte del cañón del Mimbres, aproximadamente a 60 km al sureste de Parras, Coah., sin embargo, Humphrey, W. E., y Díaz (1956) consideraron que la parte inferior calcárea de la Formación La Peña definida por Imlay, R. W. (1936) corresponde a la Formación Cupido.

Dentro de la carta se tienen dos localidades donde se encuentra expuesta esta formación; La primera se localiza en la base del flanco poniente de la sierra El Carmen aflorando por más de 15 km. Esta unidad

esta constituida de su base hacia la cima principalmente por calizas de estratificación gruesa, que se intercala con delgados horizontes de caliza arcillosa y caliza arenosa, su textura varía de mudstone a wackestone. Contiene horizontes de biostromas de rudistas, en su parte superior sus estratos son medianos de color gris oscuro de textura mudstone, y algunos horizontes son ricos en fragmentos de fósiles como pelecípodos, gasterópodos y miliólidos.

Su espesor estimado es de 220 m, su contacto inferior es discordante con el conglomerado polimíctico y areniscas de la Formación Puerto Rico, subyace concordantemente a la Formación La Peña. Durante el convenio JICA-COREMI Tanaka (1978) identifica los fósiles *Deshynerites? sp.* (Aptiano Medio).

La Segunda localidad se localiza en el área de Manuel Benavides en la sierra Azul, bordeando al intrusivo granítico, forma parte de los flancos del anticlinal del mismo nombre. La cual consiste principalmente de una intercalación de horizontes de calizas recristalizadas, dolomitizadas y mármoles. Las calizas recristalizadas son de color gris, de textura mudstone a wackestone, al microscopio se clasifica como una Biomicrita (muestra MB-128). Las calizas dolomitizadas son de color gris oscuro a negro, su textura es de wackestone arenoso. El mármol es de color crema a blanco con tonalidades rojizas, presenta intenso fracturamiento perpendicular a la estratificación, el cual se encuentra relleno por calcita y óxidos, que le dan una coloración rojiza. El espesor de la estratificación es mediana a gruesa entre los 0.60 a 1.0 m, los fósiles que la constituyen son foraminíferos, pelecípodos, crinoides, gasterópodos, biozonas amonoideos. Dentro de esta unidad se intercala un horizonte de brecha constituido por bloques angulares de mármol en una matriz cristalina de grano grueso de calcita, hematita botroidal y óxido de manganeso, este horizonte se observa parcialmente a lo largo de los flancos del anticlinal, Fotografía 4

En las sierras El Carmen y Sierra Azul se observa subyaciendo concordantemente las calizas y lutitas de la Formación La Peña y sobreyace discordantemente a los conglomerados rojos y areniscas rojas de la Formación Puerto Rico. Así mismo sobreyace discordantemente a limolitas y conglomerados (*KhbLm-Cgo*).

La parte inferior de esta unidad se correlaciona con las formaciones La Mula, La Virgen y Pátula en el Golfo de Sabinas. Su ambiente de depósito es de

plataforma somera, con aguas agitadas, ricas en oxígeno que propiciaron el desarrollo abundante de fauna o desarrollo de biohermas. La sedimentación es representativa de un área que fue invadida por los mares, ya que tuvo una ligera subsidencia en la cual se depositaron sedimentos calcáreos. Representa un potencial minero ya que en ella se tiene un yacimiento tipo de Skarn de Fierro San Carlos, con mineralizaciones de Au, Pb, Zn, Ag, Fe. Cabe señalar que en el horizonte brechado se realizó muestreo de esquirlas (MB-130) siendo los valores bajos, pero queda abierta la posibilidad de exploración de este horizonte; además puede contener horizontes potencialmente económicos para explotación de mármoles.



Fotografía 4.-Caliza de la Formación Cupido. Se observan horizontes de mármol dolomitizados (Sierra Azul).

FORMACIÓN LA PEÑA

Caliza- Lutita (Kap Cz – Lu)

Imlay (1936) la nombro así para definir dos miembros, el inferior constituido por sedimentos calcáreos, el superior arcilloso – calcáreo, su localidad tipo se localiza en el flanco norte de la sierra de Taraises aproximadamente a 40 km al SW de Parras, Coah., posteriormente Humprey y Díaz (1956) restringen a esta formación como un quiebre arcilloso – calcáreo fosilífero *Dufrenovia justiniane*.

Esta unidad se observa en la base poniente de la sierra El Carmen en una longitud de más de 15 Km; así como en los flancos del anticlinal sierra Azul en la porción poniente de la carta. Consiste de una intercalación de calizas y lutitas, las calizas son de color gris oscuro de textura mudstone, con horizontes dolomitizados de color café, con nódulos

y bandas de pedernal negro. Las lutitas son calcáreas y se presentan en delgados horizontes de color gris oscuro, en la sierra El Carmen llega a tener un espesor aproximado de 95 m y para la sierra Azul su espesor se estima en 30 m.

Esta unidad morfológicamente forma pequeños puertos de erosión que la hacen topográficamente fácil de reconocer. Sobreyace concordantemente a calizas de la Formación Cupido, subyace concordantemente a calizas y lutitas de la Formación Glen Rose. En la sierra El Carmen K. Tanaka (1978) identifica los fósiles *Exogira* sp., *Gryphaea* sp., *Neithea* sp. De acuerdo a su contenido faunístico y posición estratigráfica se le asigna una edad del Aptiano Superior, y se correlaciona con la Formación Otates de la Cuenca Tampico.

FORMACIÓN BENIGNO-GLEN ROSE

Caliza-Lutita (Ka(i) Cz-Lu)

Hill, R. T. (1891), define a la Formación Glen Rose originalmente para la secuencia de calizas y margas delgadas, sus características son divisiones de terrazas, las cuales están expuestas en el Río Paluxy al norte de Glen Rose en el Estado de Texas. Nichols (1958) describe a la Formación Benigno anteriormente descrita como Formación Glen Rose como una secuencia de calizas constituida por wackestone, packstone y grainstone, de estratos medios, gruesos y masivos, con porciones intercaladas con mudstone y pequeños horizontes de lutitas,. De acuerdo a estudios geológicos realizados durante el convenio CRM-JICA, 1978, en la sierra El Carmen reconocen 10 litofacies que conforman a la Formación Glen Rose, con un espesor de 530 m. Esta unidad aflora principalmente al oriente del cañón El Bonito, al sur de la sierra del mismo nombre, a lo largo del cañón del Cíbolo, Las Palomas, al poniente de San Rosendo, norte de La Linda y a largo del Río Bravo, en la periferia del intrusivo Las Cuevas, al noreste del cerro La Salada, surponiente de Rancho Nuevo, en el Cerro La Cueva, a lo largo del flanco poniente de la sierra El Carmen, y al poniente de la carta, conformando parte de los flancos del Anticlinal Sierra Azul donde localmente se conoce como Formación Benigno.

Esta constituida por una alternancia de calizas, calizas arcillosas y delgados horizontes de lutitas, de color predominantemente gris oscuro, variando a tonalidades mas claras, de textura mudstone a wackestone y algunos horizontes de grainstone con alto contenido de pelecípodos y foraminíferos. La estratificación varia de 0.20 a 2.6 m, llegando a

conformar un espesor aflorante mayor a los 500 m. Cabe señalar que las calizas de esta formación que se encuentran en la periferia del intrusivo de La Cueva y Sierra Azul, están dentro de la aureola de metamorfismo de contacto intenso, en donde se han formado horizontes de mármol, caliza recristalizada, caliza dolomitizada y skarn.

En la porción oriental de la carta se observa subyaciendo concordantemente con la Formación Telephone Canyon – West Nueces, no aflora su base. En la porción poniente de la sierra Azul subyace concordantemente a lutitas de la Formación Bronce. Basándose en su contenido faunístico se le considera una edad del Aptiano Superior. Se correlaciona con la parte superior de la Formación Tamaulipas y con la porción inferior de la Formación Cuesta del Cura del centro y noreste de México. La litología de esta Formación es característica de un depósito de banco con extensas áreas lagunares, así como partes más profundas de alta energía. Las condiciones geológico – mineras de esta Formación se encuentran en los horizontes de mármol y caliza dolomitizada, ya que pueden ser explotados por roca dimensionable y dolomita,

FORMACION WEST NUECES – TELEPHONE CANYON – BRONCE

Lutitas (Ka Lu)

Tomas H. R. 1977, propuso el termino Formación West Nueces para una secuencia de lutitas de grano fino con muchos miliólidos y moluscos, con horizontes de calizas, nódulos de pedernal, con un espesor total de 46 m en la localidad de El Río West Nueces en el Estado de Texas. Holguín, N. y Cantú, Ch., 1979, definen a las calizas y lutitas Sin Nombre, como Formación Bronce, que también había sido descrita como Formación Walnut, Formación La Lagrima y Formación Chihuahua. Fehr, W. R., 1930, en la vecindad del Rancho El Trébol describe a la Formación Telephone Canyon, como un wackestone fosilífero y packstone de color amarillento con horizontes nodulares. Daugherty F. W. 1962 en el área Pico Etéreo, la ubica como el miembro inferior (caliza 1) de la caliza Devilis River, así mismo la correlaciona con la caliza Walnut o Comanche Peak. Geólogos del convenio CRM-JICA, utilizaron el nombre de Telephone Canyon, para las lutitas y calizas que sobreyacen concordantemente a las calizas y calizas arcillosas de la Formación Glen Rose.

Esta unidad se observa a lo largo del Cañón El Bonito, El Cíbolo, La Paloma, Cerro Las Cuevas al

noreste del cerro La Salada, sobre el río Bravo al norte de La Linda, en el flanco poniente de la sierra El Carmen a lo largo de la Falla Las Norias y en los flancos del Anticlinal sierra Azul.

En la porción noreste su litología esta constituida por delgados horizontes de calizas de textura mudstone y lutitas calcáreas de color crema con alto contenido de miliólidos, sus estratos varían de 0.01 hasta 0.60 m de espesor, en su base sobresale el alto contenido de macrofósiles (rudistas), En la porción centro de la carta aflora como una caliza arcillosa de color gris clara a oscura. En la porción poniente esta constituida por una intercalación de calizas de textura mudstone y lutitas calcáreas de color gris oscuro, que al intemperizar presentan una coloración pardo a café claro.

Morfológicamente forma pequeños puertos de erosión que contrastan con la topografía abrupta de las formaciones adyacentes. Su espesor oscila entre los 20 a 60 m, Sobreyace concordantemente a la Formación Glen Rose y subyace concordantemente a la Formación Finlay – Del Carmen - Edwards. Por su posición estratigráfica se le considera del Albiano medio y se correlaciona con la parte media de la Formación Tamaulipas superior. El ambiente de depósito de estos sedimentos arcillosos, representan un medio ambiente plataforma y sedimentación delgada en aguas de poca profundidad y una continua subsidencia de la plataforma.

FORMACIÓN FINLAY–DEL CARMEN-EDWARDS

Caliza-Lutita (Ka Cz-Lu)

Tomas H.R. (1977) Propuso el término de Formación Edwards a unas calizas de estratificación mediana, localizadas en el río de Devils River, al norte de Texas. La Formación Del Carmen fue mapeada en el oeste de Texas por Maxwell, et al. 1967, consistiendo en calizas de estratificación mediana con intercalación de delgados horizontes y nódulos de pedernal. Richardson, 1904, define como Formación Finlay a una secuencia de calizas con horizontes de estratificación gruesa y con nódulos de pedernal, distribuidos ampliamente en la porción centro-oriental y noreste de Chihuahua. Daugherty F. W. 1962 en el área Pico Etéreo, la ubica como el miembro inferior (caliza 2) de la caliza Devilis River, así mismo la correlaciona con la Formación Edwards.

Esta unidad queda restringida la exposición de los afloramientos a lo largo de los cañones El Bonito, El Colorado, El Cíbolo, Las Palomas, al norte de La

Linda sobre el Río Bravo, en la periferia del intrusivo La Cueva. En la parte media del escarpe poniente de la sierra El Carmen, en los flancos del anticlinal sierra Azul y en la parte oriental de la sierra de Ponce.

Litológicamente consiste de calizas de estratificación gruesa intercalada con horizontes delgados de lutita calcárea (0.1 m a 0.3 m), intemperizan a gris claro, al fresco son de color crema, hacia la base y parte media el espesor de los estratos de calizas es mayor a 1 m, su textura es mudstone a wackestone, contiene bandas y nódulos de pedernal negro, hacia la cima la estratificación se adelgaza, contiene Amonites, miliólidos, su espesor varía de 150 a 200 m como se observa en el límite con la carta Ciudad Acuña. En la Sierra Azul se observa como una caliza de estratificación gruesa, intemperizan a gris al igual que al fresco, contienen escasos nódulos de pedernal y están ligeramente recristalizados su espesor oscila entre.80 y 90 m.

Sobreyace concordantemente a lutitas de la Formación Bronce - Telephone Canyon - West Nueces y así mismo subyace concordantemente a lutitas y calizas de la Formaciones Benevides - Sue Peak - Mcknight. y se distribuye ampliamente por debajo de las calizas de la Formación Santa Elena,

Por su posición estratigráfica se le asigna una edad de finales del Albiano medio y es correlacionable con parte de la Formación Tamaulipas Superior. Esta unidad se depósito en un ambiente de aguas someras de plataforma.

FORMACION BENEVIDES - SUE PEAK - MCKNIGHT

Lutitas-Calizas (Ka Lu- Cz)

La Formación Mcknight se definió originalmente como arcillas McKnight por Hill (1891), ubicando la localidad tipo en las planicies del Río Kiamichi cercano a Fort Towson, Oklahoma, cuya litología definida consistió de una secuencia de margas y calizas arcillosas. Imlay, (1944), considera que la unidad formada por sedimentos arcillosos - calcáreo de estratificación delgada con la amonita *Oxytropidoceras* que afloran en el norte de Nuevo León, Coahuila y oriente de Chihuahua, ocupa la misma posición estratigráfica que las lutitas Kiamichi de Texas. Daugherty F. W. 1962 en el área Pico Etéreo, la ubica como el miembro medio superior (caliza 3) de la caliza Devilis River, así mismo la correlaciona con la Formación Kiamichi. Maxwell R. A. et al. 1967 mapea en el oeste de Texas a la

Formación Sue Peaks la cual consiste de un horizonte inferior calcáreo fosilífero y una unidad superior de calizas de estratificación delgada, su espesor es de 55 m (170 pies), ubicándola entre las formaciones del Carmen y Santa Elena. Amsbury, 1958, definió como Formación Benevides a una secuencia de lutitas calcárea de color gris de estratos medios con intercalaciones de calizas, limolitas y areniscas de estratificación delgada, distribuida principalmente en el noreste del estado de Chihuahua.

Esta unidad aflora en las sierras El Nevado, El Bonito, en el cañón Cíbolo, en la parte media de la porción oeste del escarpe de la sierra del Carmen y en los flancos del anticlinal Sierra Azul, cabe señalar que en su mayor parte es cubierta por las calizas de la Formación Santa Elena – Salmon Peak, por lo que es posible observarla a lo largo de los escarpes.

Litológicamente está constituida por una alternancia de calizas y lutitas de estratificación delgada, con horizontes de aspecto nodular, con espesor de 0.3 a 0.4 m, de textura mudstone – wackestone. En la Sierra El Carmen (Fm. Sue Peak), en su base predominan lutitas de color amarillento, de textura de grano fino, en su parte superior predominan calizas de color gris claro a café, con alto contenido de calizas arcillosas, su espesor observado es de 40 a 70 m y menor a 30m en la sierra Azul (Fm. Benevides).

Sobreyace concordante y transicional con la Formación Finlay - Del Carmen - Edwards y subyace a la Formación Loma de Plata–Santa Elena - Salmon Peak. Con base a su posición estratigráfica y su contenido faunístico se le asigna una edad de fines del Albiano medio a principios del Albiano superior. Se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura y Tamaulipas superior de la Sierra Madre Oriental y la parte media superior de la Formación Acatita de la Plataforma de Coahuila. Los sedimentos arcillosos suponen un depósito de plataforma con sedimentación pelágica de agua de poca profundidad y una continua subsidencia de la plataforma.

FORMACIÓN LOMA DE PLATA – SANTA ELENA – SALMON PEAK

Caliza (KaCz)

La Formación Salmon Peak, fue originalmente descrita por Shumard (1860), como caliza Washita al NE de Marshall, Oklahoma, Smith, Ch. I. 1970 ubica a estas calizas en la porción sureste de la Plataforma

San Marcos, la cual geográficamente se ubica al noreste de Coahuila, México y Sureste de Texas, U.S.A, además las correlaciona con las Calizas de la Formación Santa Elena. Maxwell R. A. et al. 1967 mapea en el oeste de Texas a la Formación Santa Elena la cual consiste de estratos de caliza que varían alternantes de textura de wackestone a grainstone, con alto contenido de miliólidos y rudistas. Y que llega a tener un espesor de 400 m. Daugherty F. W. 1962 en el área Pico Etéreo, la ubica como el miembro superior (caliza 4) de la caliza Devilis River, así mismo la correlaciona con la Formación George Town. Durante 1958, Amsbury, definió como Formación Loma de Plata, a una secuencia de calizas de grano fino a medio, de color gris a café con estratificación gruesa a masiva con porciones con abundantes rudistas y con una distribución hacia la porción centro – oriental y sur del Estado de Chihuahua.

Esta unidad es la de mayor distribución en la porción centro y oriente de la carta, aflorando en las sierras El Nevado, El Bonito, El Carmen en el cañón Cíbolo, en el área de San Rosendo, La Linda y Cuatro Palmas. Para la porción poniente de la carta aflora solamente en la sierra azul y Ponce. Fotografía 5



Fotografía No5.-Calizas de la Formación Santa Elena, se alojan yacimientos de zinc-plomo; tipo Mississippi Valley, localizados en el área de Tres Marías.

Debido a su similitud se agruparon estas formaciones como se presenta en la porción centro noreste de la carta en donde las formaciones Santa Elena- Salmon Peak están constituidas por una caliza de color gris oscuro que interperiza a gris claro y pardo, de textura mudstone a wackestone con horizontes de grainstone, en estratos delgados a medianos 0.15 a 0.4 m, con lentes y nódulos de

pedernal de color gris claro y rosa, muy fosilífera; presenta estilolitas paralelas a la estratificación, su espesor promedio es de 220 m. En la porción poniente de la carta se conoce como Formación Loma de Plata la cual consiste de una caliza de color gris oscuro, interperizan gris claro, la estratificación es gruesa, su textura varía de mudstone a grainstone de acuerdo al contenido de fósiles y fragmentos de estos ya que llegan a formar biostromas. Su espesor es aproximado de 150m. Sobreyace en forma concordante a la Formación McKnight-Sue Peaks-Benevides y subyace concordantemente a la Formación Del Río.

Se le correlaciona con las formaciones Monclova, George Town, Cuesta del Cura y Tamaulipas superior. Con base a su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Albiano Superior.

Los sedimentos se depositaron en aguas neríticas, con topografía irregular que permitió un escaso desarrollo de facies periarrecifales, en una zona de ligera pendiente entre el arrecife y el mar abierto y/o que este depósito ocurrió en una plataforma de rampa, de pendientes suave con talud poco desarrollado.

Cabe señalar que esta unidad es de gran importancia ya que en ella se alojan una gran cantidad de yacimientos de Fluorina (Zona Mineralizada Aguachile, San Vicente, Sierra El Carmen), así como yacimientos de plomo zinc tipo Mississippi Valley (Tres Marías, al oriente de Manuel Benavides).

FORMACIÓN DEL RÍO

Lutita – Caliza (KceLu-Cz)

Fue definida por Hill y Vaughan, en 1898, utilizaron el nombre Del Río para los sedimentos arcillo - calcáreos situados en el valle del Río Grande, cerca del poblado Del Río, Texas.

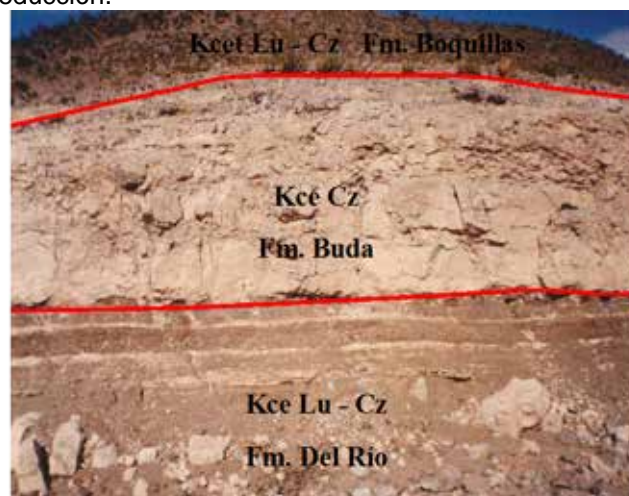
Se encuentra distribuida en las partes altas de las sierras Del Carmen, Pico Etéreo, San Vicente y Ponce. Constituida por calizas delgadas, de textura wackestone de color gris claro y violáceos, lutitas color gris claro a café claro y limolitas color café claro, en la Sierra del Carmen y San Vicente, su espesor varía de 0.3 a 3.0 m y para el área de Manuel Benavides llega a tener hasta 40 m de espesor. En el área de Cuatro Palmas, en la zona del contacto con el Pórfido Riolíptico, la muestra MB-9 la describe como una roca de textura microlítica

aloquímica, clasificándola como una caliza Micrítica, con incipiente metamorfismo. Fotografía 6

Sobreyace discordantemente a la Formación Loma de Plata-Salmon Peak-Santa Elena y subyace aparentemente concordante a la Formación Buda.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Cenomaniano inferior. Se correlaciona con la parte superior de la Formación Cuesta del Cura, en La Sierra Mojada entre Chihuahua y Coahuila (Imlay, 1944), la correlaciona con la parte superior de La Formación Monclova en la Sierra de La Gloria (Humphrey y Díaz, 1956).

Por sus características litológicas y microfauna asociada, el ambiente de depósito fue en mares neríticos y someros, con abundante aporte de terrígenos finos y condiciones de oxidación y reducción.



Fotografía 6.- Localidad de cuatro palmas. En la parte inferior de color café más oscuro, Lutitas y Calizas de la Formación Buda color gris claro

FORMACIÓN BUDA

Caliza (Kce Cz)

Llamada inicialmente caliza Burnt y caliza Bola (Adkins, 1933), Hill en 1889 utilizó el término "Shoal Creek" y finalmente Vaughan (Humphrey, 1956), la modifico por el término de Formación Buda.

Esta distribuida ampliamente dentro de la carta, principalmente al sur de la sierra El Carmen, Pico Etéreo, San Vicente y flancos de la sierra Azul.

Esta constituida por caliza de textura mudstone a wackestone de color gris claro y oscuro, de estratos

delgados a medianos (0.30 m), con estructuras de boudinage, presenta una coloración de gris claro a pardo al intemperismo. Su espesor varía de 30 a 65 m. En la porción centro, en el área de Pico Etéreo, coincide con la descripción realizada por Daugherty, (1962), donde describe tres miembros de esta unidad, el superior una caliza aporcelanada blanco – grisáceo de grano fino, el miembro medio, es una caliza margosa gris clara, con abundancia en equinoides, y el miembro inferior, una caliza brechoide, con pequeños nódulos de pedernal, contiene *Budaiceras sp.*, *Tylostoma sp.*, *Turritela, sp.*, y *pecten sp.* Con un espesor medido de 41m, se encuentra sobreyaciendo en forma concordante a la Formación Del Río y subyace concordante y transicionalmente a la Formación Boquillas.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Cenomaniano inferior. Se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura.

Por su contenido faunístico y litología asociada a escasas concreciones de hematita, se considera que su depósito ocurrió en plataforma de mar abierto, de escasa energía y ambiente reductor.

CRETÁCICO SUPERIOR

FORMACIÓN EAGLE FORD–BOQUILLAS

Lutita-Caliza (Kcet Lu-Cz)

Roemer (1852), mencionó los sedimentos de las lutitas negras Eagle Ford, en estudios realizados en la región de Brewster. Posteriormente Hill en 1887, colocó dichos estratos en la base de las Series del Golfo.

La localidad tipo está a 90 Km al oeste de Eagle Ford, condado de Dallas. Para el área de Pico Etéreo, Udden (1907) emplea el nombre de Boquillas Flags, para una secuencia de calizas de estratificación delgada, expuesta a lo largo de la ladera Occidental de la sierra Del Carmen, cerca de Boquillas, en el condado de Brewster, Texas.

Se distribuye en la porción oriental de la carta, en las inmediaciones de los ranchos Agua Verde, El Mosco, Valencia, la mula, El Jardín cerro de Aguachile, Cuatro Palmas, Casa Blanca, La Linda, el Ejidos Múzquiz, y San Vicente. En la porción poniente se distribuye también en las inmediaciones de los ejidos Nuevo Lajitas y Paso de Lajitas.

Consiste en una alternancia de lutitas calcáreas de color gris oscuro y calizas arcillosas de color gris

claro que intemperiza a un color pardo amarillento, hacia su cima presenta una facie de lutitas de color gris, que intemperiza de pardo oscuro a color blanquecino. Contiene el fósil índice *Inoceramus Labiatus*.

Al microscopio la muestra MB-2 la describe como una roca compacta criptocristalina, contiene calcita, fósiles y oolitos, clasificándola como una caliza biooomicritica con materia orgánica.

El espesor medio para esta formación es de 190 m, su contacto inferior es concordante con la Formación Buda y el contacto superior es concordante con la Formación Austin - San Vicente.

Por su posición estratigráfica y el fósil índice, se le asigna una edad del Cenomaniano Superior – Turoniano. Para la porción poniente esta unidad presenta un cambio de facie lateral, marcado por el aumento de niveles arcillosos (Formación Ojinaga). Se correlaciona con la Formación Indidura de la Isla de Coahuila.

Por sus características litológicas y contenido faunístico se considera que se depositó en un ambiente marino relativamente somero, de circulación restringida, probablemente con influencias de plataforma externa.

FORMACIÓN OJINAGA

Lutitas-Calizas (Kcet Lu - Cz)

Burrows, en 1909, propuso el termino Formación Ojinaga, para una secuencia de areniscas lutitas con subordinados estratos de caliza, dolomías y limolitas, que afloran en el área de Ojinaga, en la porción noreste del Estado de Chihuahua.

Esta unidad se localiza en la porción poniente de la carta, en los Flancos del anticlinal sierra Azul, esta constituida por una alternancia de lutitas, lutitas carbonosas, calizas de textura mudstone y escasos horizontes de areniscas de color gris, gris oscuro y negro cuando las lutitas son carbonosas; de estratificación laminar a delgada, llegando a formar paquetes de hasta 20 m, que se interestratifican con una alternancia de calizas y lutitas, de estratificación delgada, con presencia de *Inoceramus sp.* Fotografía 7



Fotografía 7.- Intercalación de Lutitas y Calizas de la Formación Ojinaga (KcetLu-Cz) afectados por un dique de estratos de composición diorítica (ToD). Localidad ubicada al poniente de

Esta unidad es afectada por cuerpos intrusivos de composición intermedia, de forma tabular, que se interestratifican. Su espesor aflorante en el área es mayor a los 300 m. Sobreyace concordantemente a calizas de la Formación Buda y es cubierta discordantemente por derrames andesíticos y riolíticos del terciario, también por depósitos conglomeráticos del Plioceno y cuaternario.

Considerando su posición estratigráfica y su contenido faunístico se le asigna una edad que corresponde al Cenomaniano Superior-Turoniano. Esta unidad corresponde a un cambio de facie lateral en su porción oriental con la Formación Boquillas y es correlacionable con las Formaciones Eagle Ford, Indidura y Agua Nueva. Cabe señalar que el cambio de facie es enmascarado por una cubierta volcánica y depósitos aluviales.

Su ambiente de depósito corresponde a un ambiente de plataforma abierta, los cuales fueron gradando a un ambiente de plataforma somera y litoral con influencia deltaica.

FORMACION SAN VICENTE - AUSTIN

Caliza- Lutita (Kcoss Cz-Lu)

La Formación Austin es definida por Shumard 1860, en las cercanías de Austin, Texas, la describe como un mudstone a wackestone de bioclastos, que en partes se presenta como una caliza blanca Cremosa y Marga, con algunas intercalaciones de lutitas calcáreas. Maxwell., R. A., 1967, en la Villa Abandonada de San Vicente sobre el Río Bravo, en el Parque Nacional Big Bend, describe a la Formación San Vicente como una creta blanco-amarillenta, endurecida, que cambia

gradualmente a una marga gris impura y finalmente a una arcilla, considerándola equivalente a la Formación Austin. Fotografía 8.



Fotografía N°8.- Calizas - Lutitas de la Formación Austin (krossCz-Lu) en la localidad El Consuelo.

Esta unidad aflora en la porción oriente de la carta, en las inmediaciones de los poblados San Vicente, Pico Etéreo, Ranchos El Consuelo, Agua Verde y El Mosco. Morfológicamente conforma una serie de lomeríos suaves extensos de color crema. Litológicamente en el extremo noreste se define como Formación Austin, constituida por una alternancia de calizas y delgados horizontes de lutitas; en donde las calizas presentan una textura packstone y mudstone, de color crema a gris claro, imtemperezan amarillo claro.

En el área Pico Etéreo y San Vicente consiste de caliza y lutita nodular, con horizontes de lutita calcárea presentando hacia su cima un incremento en el contenido de arcilla, la estratificación es mediana a delgada, presentando estratos de 0.20 a 0.50m, se observa su alto contenido del fósil *Inoceramus Sp.*, los cuales llegan a medir 0.50m de diámetro.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico, se le asigna una edad del Coniaciano-Santoniano. Se correlaciona con la Formación Caracol de la Cuenca Mesozoica del Centro De México.

En relación a sus características litológicas y contenido faunístico, su ambiente de depósito fue en facies de plataforma externa relacionado a frentes fluviodeltáicos.

FORMACION PEÑA

Lutita-Caliza (Kcross Lu -Cz)

Fue definida por Maxwell et al. (1967) en el parque nacional Big Beng, Texas, USA.

Esta unidad presenta lomeríos de bajo relieve, aflora solamente en las inmediaciones del poblado de San Vicente, Consiste de una caliza de estratificación delgada a laminar interestratificada con lutitas calcáreas arenosas de color gris amarillento a amarillo, textura mudstone, rica en pirita y nódulos de pedernal, esta unidad presenta una variedad de especies de huellas de pescados y reptiles, así como fragmentos de mandíbulas y esqueletos de dinosaurios.

Presenta un espesor aproximado de 100m, sobreyace discordante a la Formación San Vicente, en gran parte se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios. Por su posición estratigráfica y por el contenido faunístico se le asigna una edad del Coniaciano-Santoniano. Se correlaciona con la parte superior de Formación Austin, su ambiente de depósito es de aguas marinas y continentales en condiciones reductoras

TERCIARIO

Andesita – Toba Andesítica (To A-TA)

Esta unidad litológica consiste de una serie de flujos volcánicos pseudoestratificados de composición andesítica, que se localiza en la porción poniente de la carta, al norte y sur del poblado de Manuel Benavides, así como al sureste de la sierra El Carmen. Cubren una superficie aproximada de 300Km².

Hacia la base de esta unidad se observan derrames de andesitas y basaltos. Siendo las andesitas de color gris oscuro, textura afanítica, con alto contenido de vesículas rellenas de vidrio, los basaltos amigdalares son de color negro. En la parte media se presentan tobas andesíticas caolinizadas y cloritizadas, de color crema, textura de grano grueso a medio pseudoestratificadas, con horizontes que varían de 0.20 a 0.60 m, como se observa en la Fotografía 9.



Fotografía 9.- Horizontes de Tobas Andesíticas de caída libre, pseudoestratificadas, que representan los primeros eventos de composición intermedia, al Noreste de Manuel Benavides.

Petrográficamente la muestra MB-155 se reporta como una roca de textura compacta afanítica, epiclástica, constituida por calcita, cuarzo, plagioclasas, ortoclasa-microclina y es clasificada como una arenisca con cementante calcáreo, en base a este resultado se infiere que este tipo de tobas se depositaron en un ambiente lacustre. Hacia la parte superior se presenta una intercalación de andesitas, traquitas y traquiandesitas, de color café oscuro, Esta unidad presenta una expresión morfológica de cerros de gran elevación y pendientes escarpadas. En un estudio petrográfico la muestra MB-152 se reporta como una roca de textura compacta porfídica microlítica, compuesta por oligoclasa-andesina, augita, diopsidica-pigionita, clasificándola como un pórfido andesítico. El espesor estimado para esta unidad es de 800m.

En la porción poniente de la carta en las inmediaciones del poblado de Manuel Benavides, cubre discordantemente a calizas y lutitas de la Formaciones Ojinaga y Boquillas, en la sierra El Carmen, cubren parcialmente a rocas intrusivas (**ToGr-Si**), calizas, calizas y lutitas de las

Formaciones Santa Elena, Del Río, Buda y Boquillas. Así mismo es cubierta discordantemente por Tobas Riolíticas (ToTR), depósitos conglomeráticos y aluviales.

Por su litología y relaciones de campo se le asigna una edad tentativa del Oligoceno. Su origen es de tipo ígneo efusivo, relacionado al vulcanismo de facie distensivo.

Toba Riolítica (To TR)

En el extremo poniente de la carta y al NW de Manuel Benavides Chihuahua, aflora una secuencia volcánica de composición riolítica, conformada por Tobas riolíticas, Flujos piroclásticos, tobas líticas, tobas cristalovitreas e ignimbritas. De color gris claro, rosa con tonalidades ocre, debido al intemperismo. Presenta una textura variada de acuerdo a su litología. Su composición es principalmente ácida, la muestra MB-204 microscópicamente se describe como una roca compacta de textura hipocristalina porfídica, constituida por cuarzo, feldespato potásico, vidrio, minerales opacos y biotita, envueltos en una matriz microcristalina de cuarzo y feldespato, clasificándola como una riolita. Su espesor estimado es de hasta 800m. Morfológicamente conforma una de las sierras más altas, como se muestra en la Fotografía 10, donde muestra una panorámica del cerro El Centinela, en la Sierra El Carmen. Sobreyace discordantemente a la secuencia andesítica y cubre parcialmente al intrusivo Granito-Sienita, al oriente y poniente del Cerro El Centinela es sobreyacida por depósitos conglomeráticos.



Fotografía 10.- Tobas Riolíticas (ToTR) cerro EL Centinela, al SW de Aguachile.

Con base en las observaciones de campo, así como la posición que guarda con las otras unidades volcánicas se le asigna una edad del Oligoceno, que

es cuando se desarrolla la fase magmática de mayor importancia en el noreste de México.

Conglomerado Polimíctico (Tpl Cgp)

Se define así, a un depósito de sedimentos terrígenos semiconsolidados y consolidados que presentan cierta estratificación horizontal, se localizan en la porción nororiental y poniente de la carta, en el área del Consuelo y Manuel Benavides. Este conglomerado esta constituido por fragmentos de rocas volcánicas de composición andesítica y riolítica y fragmentos calizas, lutitas, areniscas y pedernal, sus clastos se presentan mal clasificados y de formas subredondeada. Su matriz es arenosa de la misma composición y algunos horizontes se encuentran ligeramente cementados por caliche.

Por su relación de campo y posición estratigráfica se le asigna una edad del Pleistoceno. Estos conglomerados se originaron por la acción de los agentes erosivos sobre las estructuras plegadas y rocas volcánicas e intrusivas depositándose en las partes bajas.

Gravas Y Boleos (Qhoco)

Estos depósitos están constituidos por gravas y boleos que se depositan como material de coluvión. En general son depósitos que rellenan los valles intermontanos, producto de la erosión e intemperismo de las partes altas.

Limos y Arenas (Qho al)

Se ha denominado depósito aluvial a los sedimentos originados por acción fluvial, además los que se forman por procesos físicos - químicos que afectan a las rocas, cuyos fragmentos tienden a depositarse en las partes bajas y planas, texturalmente y granulométricamente varían desde gravas, arenas, limos y arcillas. Estos depósitos se distribuyen ampliamente en las porciones bajas (valles) y en las riveras de los pequeñas correntías.

En el valle de Los Buras es donde se muestra una extensión considerable, esta expuesto en la parte centro – este de la carta.

Pórfido Andesítico (To PA).

Se define como pórfido andesítico a una serie de diquestratos de composición intermedia a básica, que se localizan en el extremo poniente de la carta, en las inmediaciones de los ejidos Paso de Lajitas, Nuevo Lajitas y flanco poniente de la sierra Azul, así

como un pequeños apófisis al oriente de Pico Etéreo y Cerro Prieto.

Es una roca de color gris oscuro, intemperiza café ocre, estructura compacta tabular, textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas. El análisis petrográfico de las muestras MB-14, MB-15, MB-46 y MB-146 indican que es una roca compacta de textura porfídica con variaciones a fanerítica, sus minerales esenciales son oligoclasa-andesina, ortoclasa, hornblenda, augita, labradorita, como accesorios clorita, calcita. Se clasifica como pórfido Andesítico, traquiandesita y diorita, Su espesor varía de 1 m a 100 m aproximadamente, se extiende por mas de 30 Km en forma semi horizontal pseudoestratificado, encajonado e intercalado en varios niveles, de las calizas y lutitas de la Formación Boquillas y Ojinaga Fotografía 11.



Fotografía 11.- Dique Estrato Pórfido Andesítico (ToPA), intercalado con Lutitas y Calizas de la Formación Boquillas en la localidad de Lajitas.

En base a su relación de campo con las demás unidades litológicas se le asigna una edad del Oligoceno, cabe señalar que Joshua, W., 1979, lo ubica entre el Oligoceno y Mioceno. En base al análisis de roca total de la muestra MB-16 y utilizando la grafica de Le Bas Le Matre, se considera como una roca de composición básica. Su origen es ígneo intrusivo, asociado a un proceso de diferenciación magmática.

Granito-Sienita (To Gr-Si)

Se denomina Granito-Sienita a una serie de rocas ígneas Intrusivas, cuya composición varía de ácido a básico y que presentan una variedad litológica, producto de una diferenciación y cristalización plutónica. Fotografía 12

Sus principales afloramientos se localizan en la porción oriental de la carta, en el Cerro El Colorado y al oriente del mismo, al sur y sureste del Rancho El Jardín, al norte y oriente del cerro Pico Etéreo, al poniente del rancho de Valencia, en Aguachile, al sur de la mina Mal Abrigo.

Estos cuerpos intrusivos se presentan en forma de troncos, o bien en forma tabular a manera de diques. Intemperiza de color gris a café con tonalidades ocre, es de estructura compacta y textura fanerítica, esta constituido por feldespatos potásicos en mayor proporción por plagioclasas, ferromagnesianos y minerales opaco.



Fotografía No12.- Mina Aguachile. Al centro intrusivo de sienita colapsado y bordeado por un dique riolítico, que en su contacto presenta mineralización de fluorita

Esta unidad presenta una diferenciación magmática, constituida por un Granito – Sienita – Pórfido Traquítico, de Diorita – pórfido Andesítico, Gabro – dolerita, teniendo una predominancia el Granito-Sienita. A esta roca se le realizan un muestreo para estudios petrográficos, siendo las muestras MB-33, 85, 108, 109, 111, 112, 114, 158, 192, 194 y 199, donde la describen de textura fanerítica, granular, porfídica, etc. Con minerales como cuarzo, feldespatos plagioclasas. Y lo clasifican como granito recristalizado, sienita recristalizada, Pórfido microsienítico, micro sienita cuarcífera, etc. Debido a esta gran variedad de composición magmática se opto por englobar esta gran variedad de litologías en granito- sienita

Las muestras MB-159, 189 y 195, en base a su análisis químico de roca total se define como una traqui-andesita (equivalente a sienita – diorita) Superficialmente se observa que están afectando a

rocas de las Formaciones Cupido, Santa Elena, Del Río, Buda y Boquillas. Se le asigna una edad del Oligoceno basado en sus relaciones estratigráficas.

GRANITO SIERRA AZUL

Granito (To Gr)

Immit, J. P. 1985, denomina Granito Sierra Azul a una roca granítica que aflora en el núcleo del anticlinal del mismo nombre.

Se localiza en la porción poniente de la carta, en la parte central de la Sierra Azul. Corresponde a una roca ígnea intrusiva de color gris claro con tonalidades rosa, presenta una textura fanerítica de grano medio, constituido por feldespato potásico, cuarzo y ferromagnesianos. En estudio petrográfico la muestra MB140 la describe como una roca de textura alotriomórfica de grano grueso, siendo sus componentes principales cuarzo, feldespato potásico, biotita, hematita, magnetita, plagioclasa sódica, como componentes secundarios minerales arcillosos y hematita.

Este intrusivo se encuentra afectando a prácticamente a todas las unidades litológicas que conforman a esta sierra, produciendo una aureola de metamorfismo de contacto. También es el causante de la generación de mineralización de fierro.

Este intrusivo fue datado en 31 Ma por lo que se le asigna una edad del Oligoceno.

Diorita (To D)

Immit, J. P. 1985, denomina como Diorita a un diquestrato diorítico que se encuentra concordante con las rocas sedimentarias.

Se localiza en la porción poniente de la carta, en el extremo norte del anticlinal Sierra Azul, Litológicamente es una roca que interperiza de color ocre a café, se comporta de manera tabular, emplazado concordante a la estratificación que presentan las limolitas y conglomerados metamorfizados (**Khb Lm-Cgo**), en muestra de mano al fresco es de color gris verde, su descripción petrográfica MB-129 de textura hipidiomórfica de grano fino, contiene albita-oligoclasa, hornblenda, biotita, minerales opacos, como alteración presenta cloritización y la clasifican como una Diorita de Hornblenda de origen intrusivo, presenta incipiente metamorfismo. Cabe señalar que Immitt J.P. 1985, interpreta a este intrusivo de edad más antiguo, ya que por la forma concordante en que se emplaza con

la unidad sedimentaria, da la impresión de estar deformada al igual que las rocas sedimentarias.

Mas sin embargo en la porción centro de la sierra Azul este dique se encuentra afectando al intrusivo, por lo que su edad queda a discusión. Por referencia de los demás cuerpos intrusivos de composición básica se le ubica en el Oligoceno.

ROCAS METAMORFICAS

Skarn (SK).

En esta unidad quedan agrupadas las rocas metamórficas de contacto que se localizan en los bordes de los cuerpos intrusivos Sierra Azul (To Gr), intrusivo Los Caballos (To Gr-Si).

Su Litología ha sido clasificada petrográficamente como Skarn de wollastonita y grosularita cuyos componentes principales son wollastonita cuyos cristales están asociados con diópsida, calcita y gránate. Otro componente es la calcita formando parte de la matriz de la roca; en menor proporción grosularita, diópsida, mineral opaco y brushita. Como componentes secundarios se tienen clorita producto de alteración del piroxeno y hematita como alteración del mineral opaco.

II.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Para explicar el origen de estas estructuras es necesario mencionar la evolución tectónica del noreste de México a partir de la ruptura continental del Rift del Triásico Tardío. Al dispersarse la Pangea, en donde los procesos de desgarre continental se asocian a fallas de desplazamiento lateral izquierdo, como es el caso del lineamiento del Río Grande, la Megafalla Mojave Sonora y el Cinturón Volcánico Mexicano, las cuales son claves en la iniciación de ruptura del noreste de México, originando los bloques de Coahuila, Yaqui y Apache, Anderson y Schmit, (1983). Menciona esta etapa de deformación por distensión, el basamento desarrolló altos estructurales. Isla de Coahuila, Isla de la Mula, Península El Burro Peyotes y el Archipiélago de Tamaulipas, además de depresiones como la Cuenca de Sabinas-Cuenca de Chihuahua, Cuenca de Maverick, Cuenca Fuentes-Río Escondido y Mar Mexicano.

Estos Paleoelementos están limitados por fallas de desplazamiento lateral izquierdo. Producto de las atenuaciones de la corteza continental, lo que provocó el desarrollo de un sistema de grabens y

horst, que controlaron la depositación Mesozoica en las diferentes cuencas sedimentarias, dentro de esta interpretación la Península del Burro Peyotes queda limitada por la falla o lineamiento sinestral Boquillas-Sabinas, Localizada en la parte central de la carta, a lo largo del escarpe formado en la porción poniente de la sierra Del Carmen. La deformación de la cobertura Mesozoica es por el régimen compresivo de la Orogenia Laramide, que tiene su origen desde fines del Cretácico al Eoceno, durante la cual los esfuerzos compresivos provenientes del suroeste noreste quedaron prácticamente absorbidos por la Península del Burro Peyotes que actuó como un alto estructural de Basamento, evidenciado por una deformación moderada, que además controla la distribución y patrones de progradación de las facies carbonatadas.

La deformación presente en la carta se manifiesta con la presencia de los Anticlinal sierra Azul, Santa Elena, El Consuelo, Del Burro y el Sinclinal Morelos – Cuatro Palmas, las cabalgaduras de orientación NW – SE, con una vergencia al NE. Así como también, una serie de fracturamiento y fallamiento producto de los esfuerzos compresivos, que se tuvieron durante la Orogenia Laramide, a finales del Cretácico y principio del Terciario (Paleoceno – Eoceno). Posteriormente a este evento y durante las últimas pulsaciones de la Orogenia Laramide (Eoceno Tardío al Oligoceno) se produce un relajamiento y una serie de esfuerzos distensivos originando fallamiento, que posteriormente es reactivado por el empuje y emplazamiento de cuerpos plutónicos, que provocan una intensa actividad ígnea.

II.3.1.- INTERPRETACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Los rasgos morfológicos más sobresalientes que se observan en el plano digital de elevaciones son los anticlinal, Del Burro, sierra Del Carmen y el sinclinal Morelos-Cuatro Palmas, los lineamientos que forman las sierras de Ponce, San Vicente y el Cañón del Cibolo, otros son las estructuras dómicas de forma circular que forman los cerros Colorado, Aguachile,

Complejo Intrusivo de la Cueva, estos rasgos coinciden con los observados en la imagen de satélite, además de otras estructuras menores que son descritas más ampliamente en la imagen de satélite.

III.3.2.- INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE SATÉLITE

Utilizando el espaciograma conjuntamente con la Imagen de satélite en escala 1:250,000, que fueron tomadas a partir de imágenes digitales del sensor TM, a bordo de los satélites Landsat y utilizando las bandas 2, 3,4, se realiza la siguiente interpretación geológico estructural de la superficie comprendida dentro de la carta Manuel Benavides.

En la carta se aprecian dos rasgos sobresalientes, que son los lineamientos y curvilineamientos. Los lineamientos se manifiestan en dos grupos, el primero se distribuye, prácticamente en toda la carta y es el de mayor predominancia, presenta un rumbo promedio N60W° coincidiendo con la gran mayoría de fallas de tipo normal, cabalgaduras y ejes de pliegue. Este tipo de lineamientos también coincide con un sistema de fallamiento normal el cual forma una serie de fosas y pilares, que se interpretan claramente en el Modelo Digital del Terreno. En este caso los pilares estarían conformados por las sierras El Carmen, El Burro, San Vicente, Ponce y Sierra Azul. Las fosas estarían conformadas por los valles Morelos, Los Buras, Las Norias-Boquillas del Carmen, San Vicente y Manuel Benavides–Paso San Antonio. Figura 6

También cabe señalar que en el extremo poniente se observa un pequeño grupo de lineamientos, que presentan un ligero cambio de rumbo N70°-80°W, este cambio de actitud tal vez se debe a que en esta zona prevalecen rocas de origen volcánico.

El segundo sistema de lineamientos es menos frecuente su rumbo promedio es de N60°E, así mismo coinciden con algunas fallas de desplazamiento lateral.

recumbente, terminando en su extremo norte en forma periclinal. Esta constituido principalmente por calizas de la Formación Salmon Peak.

Sinclinal San José. Se localiza en la porción NW de este bloque, tiene una longitud de 23 Km por una amplitud máxima de 3 Km, es simétrico, de orientación N50°W, presenta ligera flexión en su parte central y esta constituido por calizas de la Fm. Salmon Peak, lutitas y calizas de la Fm. Del Río y caliza de la Fm. Buda.

Anticlinal San José. Se localiza a lo largo de la parte centro-norponiente de este bloque, tiene una longitud de 15 Km, con un rumbo N36°W. Es un anticlinal simétrico, cuyos flancos presentan echados suaves de 5° a 13°.

Esta constituido principalmente por calizas de la Formación Salmon Peak, observándose unidades litológicas más antiguas (Fm. Glen Rose, Fm. Edwards, MckNigh) en los escarpes formados por los arroyos, que cortan perpendicularmente a esta estructura y que se presentan a lo largo del eje del anticlinal.

Anticlinales San Rosendo, La Herradura y sinclinal San Rosendo. Se localizan en la porción norponiente de este bloque, entre el rancho Los Buras y el río Bravo. Son estructuras paralelas, cuyos flancos presentan echados suaves, tienen una orientación N44°W y una longitud aproximada de 18 Km.

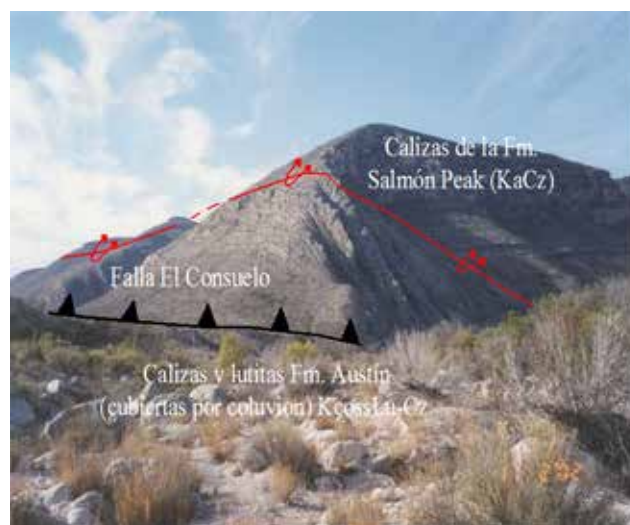
Esta conformado litológicamente en su parte superior por calizas de la Fm. Salmon Peak, en la porción norponiente limita con el Río Bravo, se observan calizas y lutitas de la Fm. Glen Rose, calizas de la Fm. Edwards y lutitas y calizas de la Fm. MckNight.

Anticlinal Cerro Colorado. Se localiza al norponiente del Cerro Colorado, es un anticlinal asimétrico de rumbo N22°W, En su flanco nororiental tiende a ser suave con echados de 9° y en su flanco surponiente tiene echados de hasta 85°, afectado posiblemente por el intrusivo que se localiza en su extremo norponiente. Esta constituido en su mayoría por calizas de la Fm. Salmon Peak.

Anticlinal El Bonito. Se localiza al surponiente del cerro El Colorado, es un anticlinal asimétrico, tiene una orientación N45°W el cual se flexiona en su extremo norte, tiene una longitud aproximada de 20 Km, esta conformado en su parte central por calizas de la Fm. Salmon Peak y en sus flancos por calizas y lutitas de las Formaciones Del Río y Buda.

Sinclinal el Bonito. Se localiza al sur poniente del cerro El Colorado, presenta un rumbo N30°W, con una longitud de 12 Km aproximadamente, es asimétrico y sus echados en los flancos no rebasan los 15°, esta conformado por calizas, calizas y lutitas de las formaciones Salmon Peak, Del Río, Buda y Eagle Ford.

Cabalgadura El Consuelo. Se localiza en la porción NW de la Carta, al poniente del Rancho el consuelo, tiene una longitud de 30 Km, de rumbo variable N10°-25°W, presenta una vergencia al NE, esta estructura pone en contacto discordantemente a calizas de la Formación Salmon Peak (**Ka Cz**) sobre lutitas y calizas de la Formación Boquillas (**Kcet Lu-Cz**). Fotografía 13



Fotografía No13.- Cabalgadura El Consuelo. Calizas del albiano, sobreyacen discordantes a lutitas - calizas del Cenomaniano - Turoniano.

Sinclinal Morelos - Cuatro Palmas. Se localiza en la porción centro del bloque primero, entre los poblados Ejido Morelos y La Linda, es una estructura flexionada que varía de rumbo N18°W a N45°W, esta conformada por unidades litológicas del Cretácico Inferior al Cretácico Superior, afectadas por intrusiones ígneas de composición Granito-Sienita y diques Riolíuticos asociados a la mineralización de fluorita y berilio y esta conformado por las siguientes estructuras.

Anticlinal Cerro Prieto. Se localiza ligeramente al norte del Cerro Prieto, es una estructura anticlinal simétrico, tiene una longitud de 8 Km y un rumbo de N26°W, esta conformado principalmente por calizas de la Formación Santa Elena, pero en su extremo norte ha sido erosionado observándose las

formaciones Sue Peak y Del Carmen, en su flanco NE se tienen las formaciones Del Río, Buda y Boquillas, esta estructura en su parte central es afectada por un Pórfido Riolítico en forma de media luna, siendo de importancia por la mineralización de fluorita que se presenta en esta área.

Sinclinal Malabrigo. Se localiza al noreste de Pico Etéreo, es una estructura sinclinal asimétrica a la cual se asocian una serie de plegamientos menores deformados por eventos ígneos intrusivos, tiene una longitud de 12 Km, con una dirección N36°W, Esta conformado por calizas y lutitas de las formaciones Del Río, Buda, Boquillas, San Vicente.

Anticlinal Sierra del Carmen. Esta estructura se localiza en la parte central de la carta (bloque primero), a lo largo de la Sierra Del Carmen, al norte del rancho Zacatonal y sur de los poblados Boquillas del Carmen y San Vicente, continuándose hacia el norte, dentro del Big Bend en el Estado de Texas, USA. Al sur es cubierta por derrames andesíticos y tobas riolíticas; también es afectada por cuerpos intrusivos de composición granito-sienita. Uno de los rasgos sobresalientes que presenta es el hundimiento de más de 1200m de su flanco poniente y porción central, reflejado en la falla Las Norias, con una longitud de mas de 20 Km y que es parte del Lineamiento Boquillas – Sabinas. Esta conformado prácticamente por todas las unidades litológicas aflorantes en la carta, desde el Paleozoico (?) al Reciente. Esta estructura es de importancia debido a la gran cantidad de manifestaciones de mineralización de Fluorita, que se observan en calizas de la Formación Santa Elena, así como los depósitos de remplazamiento, con mineralización de plomo, zinc, plata, en calizas de la Formación Cupido.

Anticlinal San Vicente. Se localiza al SW del poblado de San Vicente, a lo largo de la Sierra del mismo nombre. Es un anticlinal recumbente al NE, de rumbo variable N10°W a N36°W, cerrando en su extremo norte en forma periclinal y esta constituido principalmente por calizas de la Formación Santa Elena.

Cabalgadura San Vicente. Se localiza en la base del frente oriental de la Sierra San Vicente, tiene una longitud de 8.5Km, con un rumbo N10°W, presenta una vergencia al NE. Esta estructura pone en contacto discordante a calizas de la Formación Santa Elena del Albiano sobre lutitas y calizas de la Formación Boquillas de edad Cenomaniano – Santoniano.

El Segundo Bloque:

Anticlinal Santa Elena. Se localiza a lo largo de la sierra de Ponce al SW del poblado de Santa Elena. Es un anticlinal recumbente al NE, de rumbo N25°W, su longitud es de 4.0Km, esta constituido principalmente por calizas de la Formación Santa Elena, en su flanco oriental es afectado por fallas de tipo normal, desplazando hacia abajo el eje del anticlinal, así mismo esta estructura queda cubierta en sus extremos por derrames andesíticos y depósitos conglomeráticos.

Anticlinal Sierra Azul. Esta estructura se localiza en el extremo poniente de la carta, a lo largo de la Sierra Azul, forma parte del extremo oriental de la caldera de San Carlos, consiste de un Anticlinal Recostado, cuyo eje esta flexionado o arqueado, su rumbo varía de N-S a N35°W. Esta estructura es afectada en su porción central por un intrusivo de composición granítico, cabe señalar que por efectos de la intrusión, se presenta una variación en la inclinación de las capas de las rocas sedimentarias, ya que en el flanco poniente en su parte central los echados son mayores a 45° y en sus extremos son menores, para su flanco oriental tienden a la vertical, observándose en su extremo norte fallamiento inverso, de pocos metros de desplazamiento hacia el oriente (Cabalgadura Sierra Azul). Esta estructura esta conformada litológicamente por argilitas, de posible edad Paleozoica, una secuencia calcáreo arcillosa que va del Cretácico inferior al Cretácico superior y un intrusivo granítico del Oligoceno. Esta estructura se origina durante la Orogenia Laramide y es fuertemente modificada por el desarrollo y proceso de formación de la caldera de San Carlos.

III.3.3.3.- DEFORMACION FRÁGIL

Posteriormente a los esfuerzos compresivos provocados por la Orogenia Laramide, en el Cenozoico se presentan fases de tipo extensional, provocando la formación de sistemas de fallas normales, en la porción oriental de la carta estas fallas presentan un rumbo general NW 12° - 40° SE y hacia la porción poniente presentan un rumbo NW 35° - 60° SE. Las fallas mas sobresalientes se describen a continuación.

Falla Las Norias. Se localiza en la porción Poniente de la Sierra El Carmen, es de tipo normal escalonada, presenta un escarpe de más de 1200m, su rumbo promedio es N 12° W y tiene una longitud de más de 20 Km. Litológicamente deja al

descubierto una columna litológica que va del Paleozoico al Cretácico Superior.

Al norte de esta falla se presentan una serie de fallas escalonadas semiparalelas, las cuales fragmentan en varios bloques a las unidades litológicas del Cretácico Inferior y Superior, observando que los saltos de falla son de unos metros a varias decenas de metros, estas fallas forman parte del Lineamiento Boquillas – Sabinas.

Al sur de los poblados San Vicente, Boquillas del Carmen también se presentan una serie de fallas normales escalonadas de rumbo NW paralelo a la Falla Las Norias. Las cuales fraccionan a calizas de la Formación Santa Elena,

Falla Santa Elena. Se localiza a lo largo del frente de la Sierra de Ponce, Paralela al Eje del Anticlinal Santa Elena. Es una falla de tipo normal que en su extremo NW se bifurca formando la Falla tres Marías. Esta falla presenta un desplazamiento vertical de más de 300m.

Lineamiento Sierra El Carmen – Cañón Colorado.

Este es uno de los rasgos más sobresalientes, que se presenta en el extremo oriental de la carta, es de rumbo aproximado N57°E, con longitud de más de 80Km, posiblemente corresponde a una falla de desplazamiento lateral izquierdo, que en su extremo surponiente (Sierra El Carmen), prácticamente fracciona y pone en contacto tectónico a una secuencia de rocas sedimentarias calcáreo arcillosa (cuya edad varía del paleozoico al Cretácico superior) con una gran cantidad de material de origen ígneo intrusivo y extrusivo, así mismo en su porción central este contacto esta enmascarado por depósitos aluviales. Hacia su extremo noreste, a lo largo del cañón El Colorado forma un escarpe de más de 500m de altitud, permitiendo observar parte de la secuencia sedimentaria.

Lineamiento Morelos Los Buras. Este lineamiento se localiza en el extremo oriental de la carta, a lo largo del valle que se localiza entre el Ejido Morelos y el Rancho Los Buras, tiene una longitud de más de 55Km, con un rumbo N-S y que en su extremo Norte se flexiona hacia el N32°W, Este lineamiento prácticamente coincide con el borde oriental del sinclinal Morelos – Cuatro Palmas y posiblemente este asociado a un sistema de fallamiento, que ha facilitado una intensa actividad erosiva sobre las rocas carbonatadas, aunado a que esta zona es altamente receptora de sedimentos.

Lineamiento Las Norias. Este lineamiento se localiza a lo largo del extremo poniente de la sierra El Carmen, en la parte central de la carta, corresponde a una falla de tipo normal escalonada, con un salto de más de 1200m de desnivel, tiene un rumbo N10°W, forma parte del Lineamiento Boquillas-Sabinas, el cual se continua hacia el norte adentrándose en el Estado de Texas, USA. Esta falla deja al descubierto una secuencia calcáreo – arcillosa del Cretácico y rocas metamórficas de posible edad Paleozoico.

Lineamiento Manuel Benavides. Este lineamiento se localiza en el extremo poniente de la carta, en las inmediaciones del poblado de Manuel Benavides. Presenta un rumbo N50°W, tiene una longitud de 30 Km, se continúa tanto al NW como al SE fuera de la carta. Este lineamiento tiene un reflejo morfológico, en la imagen de satélite, así mismo se manifiesta en la carta magnética de campo total. Tomando en consideración estas observaciones este lineamiento posiblemente corresponde a una falla de desplazamiento lateral derecho. Cabe mencionar que esta estructura es cubierta en su mayor parte por rocas volcánicas y depósitos conglomeráticos.

Cabalgaduras El Consuelo, San Vicente, Santa Elena Y Sierra Azul. Estas estructuras se localizan en el extremo noreste, centro y poniente de la carta. Presentan características muy similares, como el lineamiento curvado de rumbo noroeste, forman parte de estructuras anticlinales recumbentes hacia el noreste. Las unidades litológicas involucradas son: calizas y calizas y lutitas (Ka Cz, Kce Lu-Cz, Kce Cz, Kcet Lu-Cz, Kcoss Lu-Cz).

Curvilineamiento Cerro Colorado. Se localiza en el extremo oriental de la carta, consiste de una estructura circular de un diámetro de 10 Km, esta conformado en su parte central por un intrusivo colapsado, bordeado por depósitos aluviales. Al noroeste de este intrusivo, se presentan una serie de estructuras circulares; Aguachile, Cerro Prieto, Pico Etéreo, La Hormiga, Cerro La Cueva, Rancho Nuevo, El Veinte, algunas de estas estructuras también son colapsadas o levantadas por cuerpos intrusivos, afectando y mineralizando a la carpeta sedimentaria. De manera general como ya se menciono estas estructuras siguen una dirección NW45°SE. la cual coincide con el lineamiento anómalo que se observa en la carta magnética de campo total.

Curvilineamiento El Jardín. Se localiza en la parte central de la carta y al norte del rancho El Jardín, esta conformado por rocas sedimentarias,

estructuralmente se presentan en forma de domo, con un diámetro aproximado de 16 Km, coincide con una anomalía de dipolo observada en la carta magnética de campo total.

Esta estructura es el reflejo de un cuerpo intrusivo de grandes dimensiones, asociado a la presencia de mineralización de fluorita, berilio, plomo, zinc y plata, a lo largo de la sierra El Carmen.

Curvilineamiento Sierra Azul. Se localiza en la Sierra Azul, es de forma semicircular, aproximadamente 15 Km de longitud, esta conformado por rocas sedimentarias, afectada en su parte central por un cuerpo intrusivo. Así mismo forma parte de la porción oriental de la Caldera de San Carlos.

III.4.- TECTÓNICA

Las estructuras que forman las unidades litológicas presentes en la carta, están íntimamente relacionadas con la evolución y/o procesos que han sufrido los continentes, hasta el tiempo presente.

Para el noreste de México la tectónica puede explicarse en el desarrollo del Golfo de México el cual se caracteriza por haber sido un margen de placas divergente tipo pasivo durante el Mesozoico, originando varias cuencas por ruptura del Pangea.

Dentro del contexto de terrenos estratotectónicos (Peter Coney, 1983) la carta se ubica en el terreno Coahuila (FIGURA 8), que tiene su posible origen en la Orogenia Ouachita-Marathon-Apalachiana, que se debió a una colisión entre África- América del Sur y América del Norte durante el Pensilvánico-Pérmico (Graham et. al., 1975).

Este evento cerró al Proto-Océano Atlántico y el Golfo de México. Esta colisión produjo acreción de terrenos de tipo flysch, depósitos de mar profundo, depósitos vulcanosedimentarios e intrusiones de tipo arco contra América del Norte, que se supone ocurrieron por abducción (Graham et. al., 1975). Originando un amplio metamorfismo de bajo grado. Estos terrenos constituyen el basamento de la parte oriente de México y son llamados Terrenos Coahuila - Maya.

Las evidencias de este basamento se encuentran en varias localidades de los estados de Coahuila y Chihuahua, son afloramientos de rocas Graníticas Permo-Triásicas.

En el Triásico Tardío - Jurásico Medio, se continúa separando América del Sur- África, y América del

Norte, y el Atlántico Central y el Golfo de México siguen abriéndose al mismo tiempo, se formó un arco magmático a lo largo del margen Pacífico de México desde el suroeste de E.U.A., hasta el noroeste de América del Sur. La discontinuidad Sonora-Monterrey, que también se genera durante este tiempo, se interpreta como una falla transformante que cruzó México e inició una transgresión marina de traslape tipo terraza continental que cubrió a casi todo México durante el Cretácico.

En la etapa de rotura (*Rift*) tiene lugar del Triásico Superior al Calloviano. Antes de la expansión oceánica del Golfo (iniciando a principios del Oxfordiano) los movimientos relativos de placas fueron absorbidos por la atenuación de la corteza continental (Pilger, 1981; Pindell, 1985; Buffler y Sawyer, 1985). Las evidencias de un basamento atenuado en el noreste de México se encuentra en forma de altos estructurales de distinta composición (Isla de Coahuila, Isla de la Mula, Isla de Monclova, Península de Burro-Peyotes, Archipiélago de Tamaulipas) y depresiones (Cuenca de Sabinas, Fosa Sierra Madre). Varios de estos elementos están y estuvieron limitados por fallas de desplazamiento de rumbo sinistral (con excepción de la de Tamaulipas - Chiapas que es de movimiento dextral; Pindell, 1985; Wilson, 1989). De acuerdo a Wilson (1989), estas fallas son del Triásico Tardío al Liásico ya que cortan a las intrusiones Permo-Triásicas. Esta deformación que probablemente estuvo acompañada por fallas normales, originó grabens y semi-grabens que controlaron la distribución de las facies sucesivas. Esta causó una extensión considerable en la corteza, transportando bloques tectónicos hacia el sur (McKenzie, 1978).

El proceso de apertura en el Golfo de México terminó antes del Jurásico Tardío, así mismo el movimiento en la discontinuidad Sonora-Monterrey (megashear). Todo esto parece coincidir con la acreción de los arcos submarinos contra América del Norte (E.U.A. y Canadá). Sin embargo la separación siguió en el Mar Atlántico y se supone que hubo un período de cambios en el régimen que finalmente separaron África de América del Sur, en el Atlántico Sur en el Cretácico Temprano.

La Orogenia Laramide que fue un evento masivo en toda la cordillera, incluyendo los Andes de América del Sur y las Antillas mayores en el Caribe, empezó en todas partes casi al mismo tiempo al finalizar el Cretácico, provocando un cambio notable en la sedimentación en México y América del Sur representado por los Flysch mexicanos. La

interpretación dada (Coney, 1978), es que la deformación Laramide empezó con la acreción de los arcos submarinos contra los márgenes continentales pasivos. La acreción fue seguida por un cambio de polaridad en la subducción, creando una fosa sobre el lado suroeste del arco. Durante la deformación Laramide hubo un desplazamiento hacia el este y noreste del arco magmático Laramide. En el caso de México, éste se inició cerca de la costa del Pacífico y finalmente llegó casi a la costa del Golfo de México. A finales del Eoceno se detuvo y regresó al oeste, para construir, durante el Oligoceno-Mioceno, la Sierra Madre Occidental (Damon et. al. 1981).

Otro evento de deformación en la carta es el registrado en la zona, que corresponde al evento tectonomagmático, asociado al retroceso de la placa Farallón durante el Terciario Tardío a Medio. La expresión de esta actividad magmática esta representada por la existencia del cinturón de plutones conocido como Provincia Alcalina Oriental. En el marco de estos sucesos geológicos, gran parte del noreste y centro de México fue afectado por fallamientos normales de alto ángulo desde el Mioceno al Reciente, típicos de la extensión Fosas y Pilares de la gran Cuenca Mesozoica del centro y noreste de México.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

Dentro del área que comprende la carta se localizan diversos yacimientos, tanto metálicos como, no metálicos y en base la cartografía geológico-minera, así como estudios geológicos anteriores. Se han definido cuatro zonas mineralizadas y una área mineralizada, de las cuales tres zonas forman parte la Región fluoritera del noroeste de Coahuila. zona mineralizada Aguachile (Fluorita, Berilio), zona mineralizada Sierra Del Carmen (Fluorita, Berilio, Pb, Zn, Ag, Cu) y la zona mineralizada San Vicente. (Fluorita, Calcita) La otra zona y área mineralizada forman parte de la Región minera de La Perla, en el Estado de Chihuahua. Zona mineralizada Sierra Azul (Fe, Ag, Pb, Zn, Au.), área mineralizada Tres Marías (Zn, Pb). Figura 7.

1V.1. NO METÁLICOS

IV.1. INTRODUCCIÓN

Existen en la porción centro oriental de la carta numerosos e importantes yacimientos de fluorita, algunos en producción, otros inactivos y zonas favorables de contener yacimientos potencialmente económicos, asociados a estos se tienen depósitos importantes de berilio y calcita, otro de los productos importantes que se obtienen de la explotación actual de horizontes delgados de caliza es la laja o loza, que se utiliza con fines ornamentales en la construcción, así mismo queda abierta la posibilidad de explotar de igual forma el granito. En la porción poniente, se observan horizontes potenciales de zeolitas. A continuación se mencionan las zonas mineralizadas y las minas más importantes.

Zona Mineralizada Aguachile, en esta zona existe un gran número de minas, con desarrollos importantes, como son las minas : Aguachile (Fluorita, Be), La Daniela (Fluorita, Be), El Caracol (Fluorita), La Fácil (Fluorita), Doña Nino (Fluorita), Mal Abrigo (Fluorita), Santa Fe (Fluorita), Cerro Prieto (Fluorita), Bonanza (Fluorita), Las Aliciaas (Fluorita, Be), Las Cuevas (Fluorita), Las Cuevas 2 (Fluorita), La Mene (Fluorita), Amezcua (Fluorita), La Seis (Fluorita), Cuevas (Fluorita), La Rinconada (Fluorita), San Juan de Valencia (Fluorita), Gaytan (Fluorita). Por rocas dimensionables los prospectos Tinaja Dura (Granito para laja y losa), Los Tubos (Sienita para laja y losa), Las Paloma (Caliza para laja y losa), Puerto La Cabeza (Caliza para laja y losa), también se presentan en el área un sin número de pequeñas obras y catas cuyas dimensiones varían desde un metro de diámetro hasta varios metros, con mineralización de Fluorita.

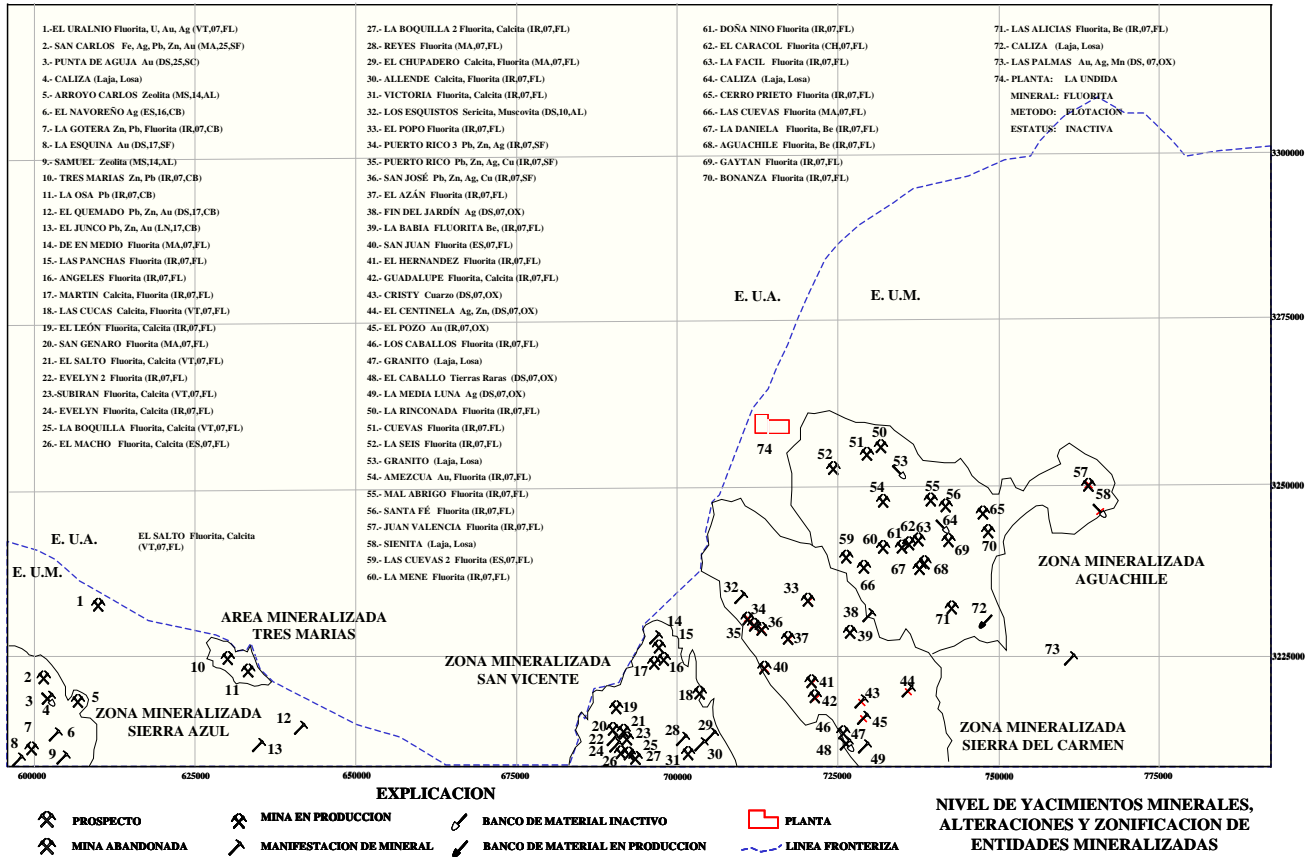
Zona Mineralizada Sierra El Carmen, en la porción oriental y sur de la sierra El Carmen se localizan varias minas que fueron explotadas por Fluorita, como son: El Popo (Fluorita), La Babia (Fluorita), El Alazán (Fluorita), San Juan (Fluorita), El Hernández (Fluorita), Guadalupe (Fluorita, Calcita), Los Caballos (Fluorita), además se tienen los prospectos Cristy (cuarzo), El Caballo (Granito), cabe señalar que la manifestación de mineral Los Esquistos se analizo por arcillas sericita muscovita y tierras raras, no obteniendo resultados positivos.

Zona Mineralizada San Vicente; solo se mencionan algunas de las minas más sobresalientes y que presentan algún tipo de obra minera más formal. Mina Las Panchas (Fluorita), Angeles (Fluorita), El

León (Fluorita), El Salto (Fluorita, Calcita), Subirán (Fluorita, Calcita), Evelyn (Fluorita, Calcita), El Macho (Fluorita, Calcita), La Boquilla (Fluorita, Calcita), La Boquilla 2 (Fluorita, Calcita), Las Cuevas (Fluorita, Calcita), Victoria (Fluorita, Calcita), también se tienen los prospectos De Enmedio (Fluorita), San Genaro (Fluorita), Evelyn 2 (Fluorita), Reyes

(Fluorita), El Chupadero (Fluorita, Calcita), Allende (Fluorita, Calcita).

Zona Mineralizada Sierra Azul, en esta sierra se localizan los prospectos Arroyo Carlos (Zeolitas), Samuel (Zeolitas), Punta de Agua (Mármol)



IV.2. ANTECEDENTES

En el año de 1952 el Dr. Gustavo Schultzen con un enfoque para la región de Buenavista y La Encantada, describe la geología regional y varios depósitos de fluorita que comprende la zona de La Boquilla, Parque del Big Ben del Río Bravo, no enfatizando particularmente ni a la Montaña de Aguachile ni a las áreas circunvecinas (Ojeda R. J., 1961).

Tiempo después los Ingenieros. Carlos García Gtz., y Raymond C. Robeck (1952), reconocen geológicamente el área para una mejor apreciación de los yacimientos de fluorita.

En 1952 se descubren yacimientos de Fluorita por El Capitán Ramiro Peña, desarrollando las minas Cuatro Palmas, La Fácil, Mal Abrigo, Aguachile. Y en 1955 La Compañía La Domincia compra las cuatro concesiones e inicia operaciones a pequeña escala en noviembre de 1956, en este mismo año la Compañía La Domincia adquiere 9 concesiones entre ellas se encuentran las minas La Amézcuca, Doña Nino, Las Cuevas, La Hormiga, La Salada y varias minas que se encuentra en los alrededores del cerro de Pico Etéreo.

A principios del año de 1957 se tiene una producción de 102,500 Toneladas de fluorita en el Distrito de Pico Etéreo. Así mismo para esta misma fecha la

compañía La Domicia calcula reservas de 2.5 millones de toneladas con una ley de 70% de CaF_2 .

En 1960 La compañía La Dominica, S. A. de C. V., construye La Planta de Beneficio de Fluorita en La Linda, actualmente propiedad de Cía. Minera Múzquiz, S. A. de C. V.

En el año de 1969 se inician operaciones en La Mina Aguachile, utilizando el método de explotación a tajo abierto y a partir de 1972 hasta la fecha el método de extracción es subterráneo.

La Compañía La Domicia, en el año de 1972 es adquirida por DUPONT, y en 1986 la administración se convierte en independiente formándose por dos socios mayoritarios que son DUPONT y LUISMIN. En la actualidad la mayoría de estos lotes y minas son propiedad de La Compañía Minera Múzquiz.

IV.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN

Actualmente dentro de la carta se tienen en explotación 4 importantes minas de fluorita, Aguachile, La Daniela, La Fácil, El Caracol, que son propiedad de la compañía minera Múzquiz, que en conjunto tienen una producción de 12,000 ton/mes, con una ley promedio de 50% de CaF_2 .

El mineral extraído es enviado a la cd. de M. Múzquiz, Coahuila; para su procesamiento en la planta de beneficio propiedad de la misma empresa. Obteniéndose un concentrado del 97.9% de CaF_2 , el cual es enviado a la Cía., Química Flúor de México S. A. de C. V. en la Cd. de Matamoros, Tamaulipas.

Otra de las minas de fluorita en explotación es la de Cerro Prieto, la cual se trabaja a pequeña escala, teniendo una producción estimada de 200 Ton/mes de fluorita, con una ley promedio de 65% de CaF_2 (mineral seleccionado). Este mineral es enviado a la planta de beneficio propiedad de Fluorita de México S. A. de C. V., ubicada también en la cd. de Melchor, Múzquiz, Coah.

En el Puerto La Cabeza se explotan caliza, donde se obtiene laja de tipo ornamental, con una producción estimada de 300 m³ mensuales de laja, la cual se traslada a la Cd de Múzquiz, Coah., para su preparación y envío a los U.S.A.

IV.4. INFRAESTRUCTURA

Las vías de comunicación más importantes en la carta son: para la porción Oriental los caminos (carretera pavimentada 120Km y terracería 85Km)

que conducen a la Cd de Melchor Múzquiz, Coah. a la mina de Aguachile, Cuatro Palmas, La Linda, boquillas del Carmen y en la porción poniente de la Cd. de Ojinaga, Chih. al pueblo de Manuel Benavides, Chih. (60 Km de terracería), Paso de San Antonio, Lajitas y Paso de Lajitas los demás caminos de acceso a las minas y obras mineras se encuentran en malas condiciones o inaccesibles.

Los servicios de energía eléctrica, teléfono, solamente se tienen en Manuel Benavides, el servicio de telefonía rural se tiene en los ejidos Boquillas del Carmen, San Vicente y Las Norias.

En la localidad de La Linda existe una planta de beneficio de fluorita, inactiva, esta es una localidad fronteriza con el Estado de Texas, U.S.A., donde existe un puente internacional, el cual tiene cerrado su acceso.

IV.5. ZONA/ELEMENTO/PRODUCTO

ZONA MINERALIZADA AGUACHILE

Se localiza en la porción centro - oriental de la carta, abarcando las áreas de Morelos, Cuatro Palmas, Pico Etéreo, La Linda. Se caracteriza por ser una de las más importantes ya que en ella se han y se siguen explotando yacimientos de Fluorita, algunos con contenidos de berilio. Así como bancos en explotación de caliza, para laja y loseta y prospectos de granito para roca dimensionables. Figura 8

Fluorita

La mineralización de Fluorita, en esta zona tiene como característica principal la de emplazarse en la zona de contacto entre las calizas pertenecientes a las formaciones Santa Elena, Del Río, Buda y el pórfido riolítico. Fotografía 14

Los cuerpos mineralizados se observan de forma irregular ya que siguen el contorno de los contactos, formando bolsadas, mantos, vetas, zonas de remplazamiento y brechas. Fotografía 19.

Se analizó petrográficamente la muestra MB-49, la cual forma parte de la estructura mineralizada de la mina Mal Abrigo, describiéndose como una roca compacta dura afanítica, que contiene cuarzo, minerales opacos, hematita-limonita y se define como una roca fuertemente alterada de origen ígneo. La muestra MB-69, corresponde a un fragmento de roca colectada de la estructura mineralizada de la mina La Mene, la cual se describe como una roca de textura compacta dura brechada constituida por

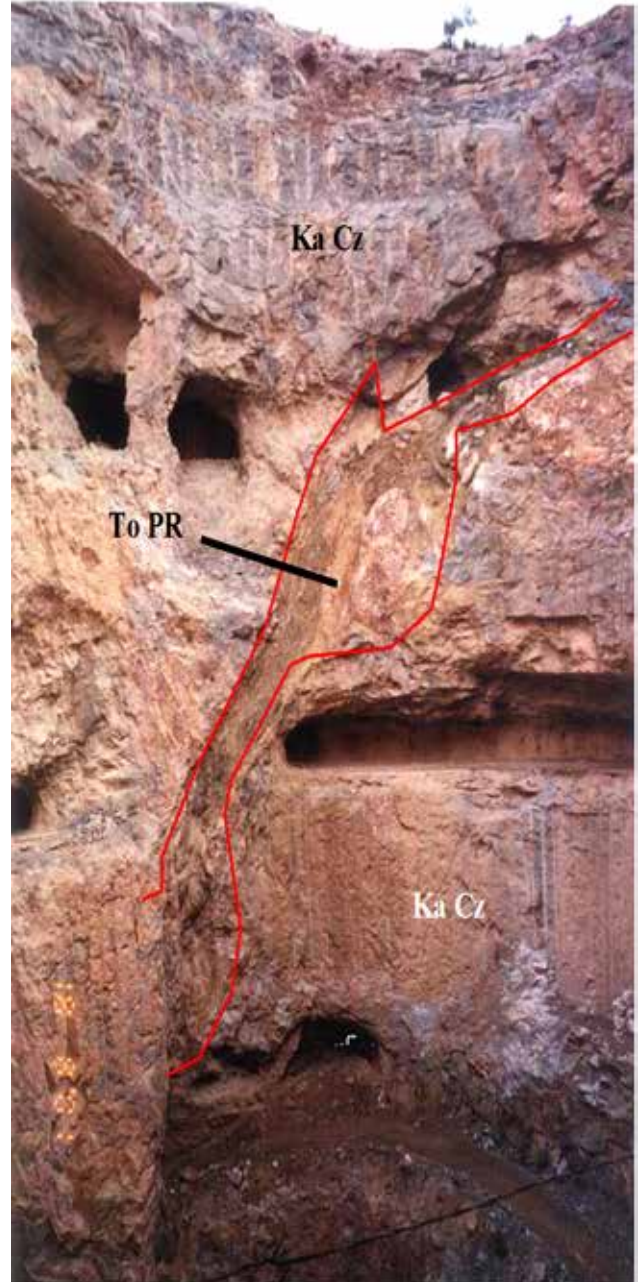
fluorita, minerales accesorios sílice, hematita y una matriz formada por Fluorita, clasificándose como una brecha remplazada por fluorita.. De forma general estas descripciones petrográficas concuerdan o son muy similares con la mayoría de las estructuras presentes en esta zona.



Fotografía 14.- Mina Aguachile (Fluorita). Se observa que del lado izquierdo de la mina, la extracción del mineral fue de abajo del contacto del dique riolítico, con un paquete alternante de calizas y lutitas. Formación Sta. Elena, Del Río, Buda y Boquillas.

Las dimensiones de las estructuras mineralizadas son muy variadas desde centímetros hasta mayores de 100 m de espesor como es el caso de la mina El Caracol. Fotografía 15, de longitud llegan a tener hasta 670 m y una profundidad conocida de 122 m, como se observa en la mina de Aguachile. El comportamiento de las estructuras es muy variado ya que no siguen un patrón definido, si no

simplemente el rumbo y la forma del contacto entre las calizas y el pórfido riolítico.



Fotografía 15.- Mina El Caracol en la que se explota un cuerpo irregular de fluorita, con dimensiones de 80 m. De longitud, 60m. De ancho y 100m, de profundidad. El cuerpo mineralizado esta asociado a un dique Riolítico (ToPR) que afecto a calizas de la Fm. Santa Elena.

La mineralización de manera general y apoyados con estudios de difracción de rayos X, de las muestras MB-50, 74, 56, 66, 86,87, en las minas Dona Nino, Mal Abrigo, Las Alicia, La Mene, donde se determino una mineralogía constituida principalmente por Fluorita, siendo los minerales de ganga Calcita, Cuarzo, Hematita, Caolinita.

La mineralización la constituye principalmente Fluorita, se presenta en una variedad de colores, blanco, gris verdoso claro, rosa, amarillo, violeta oscuro, negro, morado, etc. Las texturas varían de grano grueso, medio, fino muy fino, brechoide coliformes, botroidales o mamiliformes, en forma de masa semejando azúcar y bandeada, algunas de las masas coliformes tienen un metro o más de diámetro y muestran estructura fibrosa radial. En algunas estructuras viene asociada con el Berilio, el cual se presenta formando parte del mineral de Bertrandita, en delgados hilillos transparentes (mina Aguachile, La Daniela, Las Alicia). La alteración más común es la oxidación. Con el muestreo realizado para análisis químico de las estructuras sus valores promedio rebasan el 60 % de contenido de fluorita. Fotografía 16



Fotografía 16.- Mina Mal Abrigo. Se observa mineralización de fluorita en forma de manto.

En base a los resultados de las muestras MB-54, 60, 78, 95, por oclusiones fluidas, realizados sobre las estructuras mineralizadas en las minas Caracol, Mal Abrigo, Aguachile y Santa Fe, se determinan temperaturas de homogenización que van de 98° a 208°, por lo que su origen se considera epitermal. Fotografía 17

Cabe mencionar que en la mina de Aguachile en el nivel 256, que es de los más profundos, se empieza a observar la presencia de sulfuros de Pb, Zn y Cu, lo cual nos sugiere, que a profundidad y específicamente en la Formación Cupido, se pueden

tener las condiciones propicias para la mineralización de tipo metálico (Pb, Zn, Ag).

El potencial de reservas estimado en la mina de Aguachile es de 150,000 ton, con una ley de 45% al 50% de CaF₂. Actualmente la compañía minera Múzquiz que es propietaria de la mayoría de lotes mineros que existen en el área, no tiene estimadas sus reservas.



Fotografía 17.- Mina Cerro Prieto. Mineralización de fluorita en forma de roca dimensionables

Roca dimensionables

Caliza

El banco de Material Puerto La Cabeza y el Prospecto Las Palomas, se localizan al NE de Aguachile.

Litológicamente se ubican dentro de las Lutitas y Calizas Formación Boquillas.

El yacimiento consiste en la explotación de los horizontes de caliza cuyo espesor oscila entre 10 y 20 cm, los cuales se extraen en forma de lajas de aproximadamente 50 X 50 cm. Fotografía 18

Para la explotación de estas rocas se realizan obras que consisten principalmente en zanjas de aproximadamente 1.5 m de ancho por 100 m de longitud por 2 m de profundidad. Estas dimensiones varían de acuerdo a las características de explotación que debe tener el material, como es el espesor, color y textura.

Se realizó el estudio de roca dimensionable de la muestra MB-62, donde concluyen que la muestra corresponde a una caliza compacta de color café, presentando fractura por colapso por explosión, generando productos de fractura irregular con un

nivel de resistencia notable. sugieren su uso como tipo ornamental en donde no se demande una resistencia mecánica o exposición hidráulica



Fotografía 18.- Banco de material Puerto La Cabeza. El material es laja de caliza de la Fm. Boquillas y es utilizado como material de construcción.

Actualmente el banco Puerto La Cabeza tiene una producción estimada de 300 m³ mensuales, trasladándose este material a la Cd. de Múzquiz, para su preparación, embarque y traslado principalmente a U.S.A.

Esta roca es utilizada en la construcción como material de recubrimiento ornamental

El potencial dentro de la carta es muy amplio ya que la Formación Boquillas se encuentra ampliamente distribuida dentro de la carta.

Mármol

Prospecto de mármol Punta de Agua.

Se localiza en el extremo norte de la Sierra Azul, en el Cañón Punta de Agua, su acceso se realiza por una vereda a lo largo del cañón.

El prospecto de mármol consiste en una serie estratos gruesos de mármol de colores crema, rosa, negro y calizas marmorizadas de color gris. sus espesores varían de 0.60 m a 1.0 m.

Geológicamente se encuentra en la parte central del Anticlinal Sierra Azul, consisten de horizontes de calizas de la Formación Cupido (**Kbap Cz**) las cuales han sido afectadas por metamorfismo de contacto y han formado zonas de Diópsido, Forsterita, Tremolita y Mármoles o Carbonatos recristalizados

que gradúan a calizas sin recristalización, esto es dentro de la aureola de metamorfismo.

Se realizó el estudio de roca dimensionable de la muestra MB-134, donde concluyen que la muestra corresponde a un mármol de color blanco, con presencia de vetas coloreadas y fracturas en su superficie como defectos. sugieren su uso como tipo ornamental en donde no se demande una resistencia mecánica o exposición hidráulica

Granito

El Prospecto Tinaja Dura al NW de Aguachile. Su acceso es muy restringido, el cual se realiza a través del camino que conduce al rancho los Buras, a la altura del Rancho Nuevo se continúa por un camino de terracería inaccesible para vehículos. El ambiente geológico en que se enmarca este prospecto, consiste de un intrusivo denominado Domo de la Cueva, el cual muestra claramente la formación de domos producto de intrusión magmática. Petrográficamente la muestra MB-7 (espera de resultado). Es una roca ligeramente fracturada, teniendo como superficie potencial 10 Has.

Prospecto Los Tubos (Sienita), se localiza a 29 Km al NE de Aguachile, su acceso se realiza por el camino que conduce del Ejido Morelos al Cañón del Colorado, litológicamente consiste de un cuerpo intrusivo de composición sienítico, de donde se tomaron las muestras MB-109 y 110), petrográficamente consiste de una roca de textura compacta dura granular de grano medio, contiene plagioclasa sódica, minerales opacos, anfíboles como accesorios minerales arcillosos epidota, como alteración presenta epidotización y la clasifican como un Hornfels Feldespático (?), de origen metamórfico. Este prospecto cubre una superficie de 25 Has.

ZONA MINERALIZADA SIERRA EL CARMEN

La zona mineralizada sierra El Carmen se localiza a lo largo de la sierra del mismo nombre, se caracteriza por presentar una serie de obras mineras y manifestaciones de mineral a lo largo de la Falla Las Norias, la cual forma parte del Lineamiento Boquillas – Sabinas

Fluorita

En esta zona litológicamente las estructuras mineralizadas se emplazan en calizas, calizas y lutitas de las formaciones Santa Elena, Del Río, Buda y Boquillas, afectadas ligeramente por pequeños diques riolíticos y andesíticos. así como

cubiertas parcialmente por algunos derrames volcánicos de composición riolítico y andesítico.

la mineralización se presenta en forma irregular, constituyendo bolsadas, mantos discontinuos de 1m de espesor, las dimensiones son muy difíciles de determinar por lo errático. Los valores obtenidos con el muestreo realizado varían de 22.97 % a 61.81 % de contenido de fluorita.

la principal mineralización la constituye la Fluorita y como minerales de ganga se tiene calcita y cuarzo. Es de color blanco a café claro, a tonalidades amarillentas, su textura es de grano fino, grano medio cristalino, dan la apariencia de una masa azucarada. La alteración presente es oxidación (hemetita, limonita). En base a sus características su origen se considera epigenético.

Potencialmente en las zonas con estructuras en forma de manto (El Hernández, La Guadalupe) tienen bastantes posibilidades de contener yacimientos económicamente costeables, pero requieren de una planeación adecuada de la exploración geológica.

Cuarzo

La manifestación de mineral Cristy. Se localiza a 30 Km al SE del poblado de Boquillas del Carmen, su acceso se realiza por el camino que conduce de Aguachile al Rancho el jardín. Litológicamente se encuentra dentro la unidad ToA-TA, específicamente dentro de las tobas andesíticas,

La constituye un horizonte de tobas arenosas de color crema con tonalidades ocre, su textura es de grano medio con alto contenido de cuarzo, presenta un espesor aproximado de 10 m por una longitud de 100 m. se colecto la muestra MB-190 y 191, dando como resultado un 75 % de contenido de cuarzo.

Potencial y uso

Roca Dimensionable

Granito

Manifestación Mineral y prospecto El Caballo, se localiza a 32 Km al SE del poblado de Boquillas del Carmen, su acceso se realiza por el camino que conduce a este mismo poblado.

Litológicamente se encuentra dentro de la unidad granito-sienita (To Gr-Si), petrográficamente las muestras MB-198 y 199 la describen como una roca

de color gris a rosa claro de textura compacta dura granular fanerítica, contiene Feldespatos, minerales opacos, cuarzo, apatito, accesorios Saussurita, Hematita, Limonita, cuarzo, presenta alteración Sausuritización y se clasifica como un granito recristalizado de origen ígneo intrusivo con metamorfismo, esta roca presenta un gran potencial ya que ocupa una superficie de 100 Has. A esta roca se le tomo la muestra MB-197 para un análisis de tierras raras donde reporto valores de trazas.

ZONA MINERALIZADA SIERRA SAN VICENTE

Zona Mineralizada San Vicente; se localiza en la parte centro sur de la carta, colinda con la parte norte de la Carta San Miguel. Esta zona se caracteriza por la presencia de un gran número de obras mineras y catas, labradas en calizas de la Formación Santa Elena, donde se extrajo como mineral principal Fluorita, asociada con Calcita óptica de regular calidad. Figura 9

En esta zona como antecedente solamente se tienen la visitas de reconocimiento a los lotes mineros IMA y Último, realizada por el Ing. Julio Andrade R. En 1985, donde concluye que el área visitada presenta perspectivas muy limitadas de hallar la continuidad del depósito de mineral de Fluorita. Así como la visita de reconocimiento realizada por el Ing. Izaguirre, R. M. en 1989 a los lotes mineros San Genaro, Evelyn y Evelyn 2, donde menciona que la mineralización de Fluorita se presenta en forma de manto y relleno de cavidades, recolecto un total de 43 muestras para análisis químico, así mismo concluye que en la mina San Genaro tiene una ley media de 75.7% de CaF₂, con una potencia promedio de 0.48m, evaluando un potencial de 21,149 toneladas probables y 25,143 toneladas posibles. El prospecto Evelyn tiene una ley media de CaF₂ de 33.93, con una potencia de 0.69m y el prospecto Evelyn 2 tiene una ley media de CaF₂ de 42.15% y una potencia promedio de 0.75m.

Fluorita

la mineralización de Fluorita se encuentra alojada en la parte superior de las calizas de la Formación Santa Elena, donde se observa en pequeñas fracturas rellenas de Fluorita.

Estructuralmente las minas se localizan en el flanco poniente del anticlinal San Vicente de rumbo general de N10°W buzando 7°SW. esta estructura esta conformada por calizas y lutitas de las Formaciones Santa Elena, Del Río, Buda y Boquillas

La mineralización se presenta en forma de mantos discontinuos concordantemente a la estratificación, vetas, relleno de fracturas, remplazamiento masivo de calizas, relleno de oquedades cuyos espesores no rebasan el metro. Fotografía 19



Fotografía 19.- Mineralización de fluorita, emplazada en estructuras tipo manto, en la formación Santa Elena.

Las dimensiones de los cuerpos son muy variables, no se han definido claramente por lo irregular de su comportamiento, van de unos metros a varias decenas de metros.

La mineralogía es principalmente de fluorita de color blanco de textura de grano grueso cristalino, llegando a presentar un aspecto terroso, el mineral de ganga es calcita óptica de baja calidad, la alteración presente es oxidación y ligera silicificación. El estudio de oclusiones fluidas realizado a una muestra de estructura mineralizada de la mina Evelyn, donde determinan una temperatura de homogenización de entre 115.7°C a 120.1°C. Por sus características la mineralización se considera de origen epitermal.

El potencial de esta área no está bien definido por lo errático de su comportamiento, reflejado en la cantidad numerosa de obras y manifestaciones de mineral. Fotografía 20



Fotografía 20.- Mina San Carlos con plomo zinc, plata, fierro y oro; la mineralización son mantos alojados en skarn y calizas de la Formación Cupido.

IV.2. METÁLICOS

IV.1. INTRODUCCIÓN

En la porción poniente de la carta se tienen las minas San Carlos (Fe, Ag, Pb, Zn, Au.), La gotera (Zn, Pb), las manifestaciones de mineral Punta de Agua (Au), El Navoreño (Ag) y la Esquina (Au), las cuales forman parte de la zona mineralizada Sierra Azul. Las minas Tres Marías (Zn, Pb), La Osa (Pb), El Uranio (U, Au, Ag), las manifestaciones de mineral El Junco (Pb, Zn, Au), El Quemado (Pb, Zn, Au), forman parte del área mineralizada Tres Marías. Para la porción oriental se tienen las minas Puerto Rico (Pb, Zn, Ag, Cu), San José (Pb, Zn, Ag, Cu), Puerto Rico Tres (Pb, Zn, Ag) y las manifestaciones mineral Fin El Jardín (Ag), El Centinela (Ag, Zn), El Pozo (Au), La Media Luna (Ag), que forman parte de la zona mineralizada Sierra El Carmen.

IV.2. ANTECEDENTES

El área de San Carlos (Manuel Benavides) fue visitada por Newberry, J. R., 1887, donde describe el hallazgo de los minerales y el potencial económico de la región, enfatizando en el alto contenido de plata y galena en la zona de skarn. Posteriormente Cara Cristi, C. F. Z., 1910, examinó las obras mineras de extensión reducida de San Carlos, recomendando trabajos adicionales de desarrollo en el yacimiento. En los años de 1942 a 1952, ASARCO extrae aproximadamente 1.5 millones de toneladas métricas de mineral con contenidos de plomo, zinc y plata y menores cantidades de oro. Clendenin, T. P., 1945, realiza un reporte más detallado para la empresa Phelps Dodge Co, propietaria de la mina. En 1956 González, R. J., describe las características geográficas y geológicas de la mina San Carlos, mostrando leyes de concentración y cifras de producción.

A principio de siglo fueron trabajadas las minas Puerto Rico, San José, Zaragoza, ignorándose sus propietarios y el desarrollo que alcanzaron. Existen algunas evidencias de instalaciones antiguas para el transporte de mineral a los E.E.U.U., el cual se llevaba a efecto por medio de un sistema de canastillas pendientes a cables que cruzaban la frontera. No se tienen noticias de la producción ni de las causas que originaron el paro de los trabajos en estas obras. En 1975 empresas particulares trabajaron las minas por un tiempo relativamente corto, explotando un promedio de 400 Ton mensuales de óxidos de zinc.

En 1975 Sánchez, A. P., determino que en la zona de las minas Puerto Rico, Puerto Rico Tres, Zaragoza, existe una intensa oxidación en calizas, oxidación y mineralización en la brecha de la falla Las Norias, así mismo considero que existen buenas posibilidades para que se localicen nuevos cuerpos minerales a profundidad.

En los años de 1977 a 1979, en el primer convenio México (CRM) – Japón (JICA) se realizaron trabajos en las áreas Mineralizadas Sierra El Carmen, Aguachile y San Vicente, en los lotes mineros Carmen y Puerto Rico Tres.

IV.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN

Actualmente en las zonas no existe mina alguna en actividad.

IV.4. INFRAESTRUCTURA

Los accesos principales, son los caminos de terracería que conducen a los poblados de Boquillas del Carmen, Manuel Benavides y Lajitas, transitables en toda época del año. De estos caminos se desprenden diversos caminos de brecha que conducen a las diferentes minas, cabe señalar que estos caminos se encuentran en muy malas condiciones y algunos inaccesibles, además que en época de lluvias no son transitables.

Los servicios de energía eléctrica, teléfono y una aeropista, se tienen en el pueblo de Manuel Benavides, en los ejidos de Boquillas del Carmen y Las Norias, solo cuentan con servicio de telefonía Rural.

No se cuenta con ninguna planta de beneficio y/o actividad minera en la región.

IV.5. ZONA/AREA

ZONA MINERALIZADA SIERRA AZUL

Se localiza en el extremo poniente de la carta, en la sierra Azul, regionalmente corresponde a la región minera de La Perla, en el Estado de Chihuahua. Esta zona mineralizada se encuentra relacionada a un anticlinal del mismo nombre, con un rumbo N-S con una flexión N35°W. En su porción central aflora un intrusivo de composición granítico, en el flanco oriental se observa la cabalgadura Sierra Azul. Esta estructura esta conformada litológicamente por argilitas, de posible edad Paleozoica, discordantemente le sobreyace una secuencia calcáreo arcillosa que va del Cretácico inferior al Cretácico superior que es afectada por el intrusivo granítico del Oligoceno.

Mina San Carlos

Se localiza en la porción norte de la Sierra Azul, su acceso con el que cuenta la mina es el tramo que comunicaba con el poblado de Manuel Benavides, el cual esta en condiciones deterioradas, las instalaciones actualmente se encuentran abandonadas.

La Mina se encuentra en la cresta del anticlinal Sierra Azul, las obras mineras son tiros, pozos y frentes que se encuentran inaccesibles, labrados en calizas, de la Formación Cupido. La cual es afectada por un intrusivo granítico, dando origen a una aureola de metamorfismo de contacto, tipo skarn de fierro.

Las estructuras mineralizadas son de forma lenticular e irregular, su comportamiento es de tipo estratiforme, se emplaza en la parte inferior de las calizas de la Formación Cupido (Kbap Cz), al contacto con las limolitas (Khb Lm-Cg). . Fotografía 20.

Con el apoyo del estudio paragenético de la muestra MB-96 se concluye que: la mena es de Fierro, formada por magnetita con sulfuros de plomo, zinc y cobre, con cantidades mínimas de oro y plata. La mineralogía que la constituye principalmente es magnetita y dolomita asociada a serpentina, en menor proporción por: galena, esfalerita, serpentina, magnetita, hematita, calcitas, se presenta en forma bandeada discontinua subparalelo a la estratificación, su espesor varia de 0.5 a 1.0 m, El origen del yacimiento es por remplazamiento metasomático, dando origen a zonas corneanas, diópsida, forsterita y marmorización

Estos cuerpos mineralizados presentan un espesor medio de 3.0 m, por una longitud superficial de 200 m, Desconociéndose la profundidad. El yacimiento fue explotado por ASARCO 1942-1952, con una producción total de 1 500 000 ton. Met. de concentrados de plomo (7.4-8.3 %), zinc (1.7-1.9 %), hierro (52-62 %), oro (0.3 g/ton met), plata (112-120 g/ton met.), (ASARCO, 1980). Los resultados del muestreo realizado en este trabajo se muestran en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada sierra Azul.

Mina La Gotera

Se localiza en el extremo sur- suroeste de la Sierra Azul, su acceso se realiza a partir de la carretera de terracería Manuel Benavides – Ojinaga a la altura del Km 9 se desvía hacia el poniente para continuar por una brecha que cruza la sierra Azul, para continuar hacia el poniente con un recorrido de 15 Km, de este punto se continúa por vereda aproximadamente caminando por 2 horas. Esta mina esta amparada por el lote minero cuyo número de Expediente es 16/23455, Agencia Chihuahua.

Los desarrollos que se observan en esta mina corresponden a dos pequeños socavones de 3.0 y 4.0 m de desarrollo cada uno, comunicados por una zanja de aproximadamente 15 m. Hacia su porción oriente de esta mina se observan varios y pequeños pozos y catas, cuya finalidad fue la de conocer el comportamiento de la mineralización.

La roca encajonante la constituye una caliza, de estratificación gruesa a masiva de 0.70 a mas de un metro, de color gris claro a oscuro al intemperismo cambia al gris claro, presenta una textura mudstone a wackestone con presencia de pedernal esporádico y vetillas de calcita, esta unidad pertenece a la Formación Loma de Plata.

La mineralización, se presenta en forma irregular a brechoide, de textura crustiforme y bandeada, con un espesor de 1.0 a 30 cm reconocida por más de 50m, los minerales de mena son sulfuros de Zinc, Plomo, asociados a Fluorita, y como minerales de ganga cuarzo, calcita y hematita, Su génesis corresponde a yacimientos hidrotermales (tele termales) del tipo Mississippi Valley, alojados en calizas.

Por las dimensiones pequeñas de las estructuras, no representan perspectivas económicas favorables. Cabe señalar que este tipo de yacimientos no ha sido adecuadamente explorados debido a lo forma errática en que se presentan, pero pueden existir

condiciones favorables de descubrirse grandes depósitos de este tipo.

Se colectaron las muestras MB-116 y 117, los resultados se anexan en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada Sierra Azul.

Manifestación Mineral Punta De Agua.

Se localiza en el extremo norte de la Sierra Azul, en el Cañón Punta de Agua, su acceso se realiza por una vereda a lo largo del cañón.

Esta zona ha sido objeto de diferentes estudios geológicos, todos ellos con la finalidad de encontrar depósitos similares al Skarn de fierro de San Carlos.

La manifestación consiste de varios estratos de skarn, mármol y horizonte de brecha, con mineralización de sulfuros de plomo y pirita diseminada.

Geológicamente se encuentra en la parte central del Anticlinal Sierra Azul, en la zona de contacto entre las unidades limolita-conglomerado (Khb Lm-Cgo) y las calizas de la Formación Cupido (Kbap Cz). Estando presentes las zonas de alteración de Diópsido, Forsterita, Tremolita y Mármol o Carbonatos recristalizados que gradúan a calizas sin recristalización, esto es dentro de la aureola de metamorfismo.

Se colectaron 4 muestras en diferentes horizontes MB-130 a MB-133 se muestran los resultados en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada.

Manifestación mineral El Navoreño.

Se localiza en la parte centro - sur de la Sierra Azul, al poniente del Rancho El Navoreño. El acceso se realiza partiendo de Manuel Benavides con dirección hacia el sur, por un camino de terracería hasta llegar al rancho El Navoreño, para de ahí continuar hacia el poniente por una vereda a lo largo de arroyo.

La manifestación se presenta a lo largo del contacto calizas - intrusivo, donde se tiene una franja metamorfozada de 3.0 m de espesor por 100 m aproximadamente de largo, conteniendo una serie de fracturas de comportamiento irregular, rellenas de calcita y óxidos, cuyo espesores varían de 1cm a 5 cm.

Geológicamente se encuentra en la parte interna del flanco oriental de la Sierra Azul, en la zona de contacto del intrusivo granítico con calizas

marmorizadas y recristalizadas de la Formación Glen Rose. La muestra MB-145 se envió para estudio de rayos X la cual determino cuarzo, calcita, feldespatos, caolinita, hematita, y la muestra MB-144 para estudio de roca total muestra que el intrusivo es de composición ácido, las muestras MB-40 y 141 al microscopio determina que la primera corresponde a una roca de textura granular de grano grueso, compuesta por cuarzo, feldespato potásico, biotita, minerales arcillosos se clasifica como granito, y la segunda la describen como una caliza.

Se colectaron dos muestras de esquirla la MB 142, 143, los resultados se muestran en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada.

Manifestación mineral La Esquina

Se Localiza en al esquina suroeste de la carta, en el extremo poniente de la Sierra Azul. Su acceso se realiza a partir de la carretera de terracería Manuel Benavides – Ojinaga a la altura del Km 9 se desvía hacia el poniente para continuar por una brecha que cruza la sierra Azul, para continuar hacia el poniente con un recorrido de 20 Km, de este punto se continúa por vereda aproximadamente caminando por 3 horas.

Esta manifestación consiste de un pequeño afloramiento de andesita (To A-TA), de color gris con tonalidades ocre, textura afanítica con diseminación de sulfuros (pirita) oxidada, tiene una superficie aproximada de 150m de largo por 100m de ancho por 10m de profundidad. Se encuentra sobreyaciendo a calizas y lutitas de la Formación Ojinaga .Se colecto la muestra MB-118 donde la describen como una toba riolítica, y la muestra MB-119, los resultados se muestran en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada.

Manifestación de Mineral Samuel.

Se localiza en la porción sureste de la Sierra Azul, su acceso es en dirección al sur, por un camino de terracería que conduce del poblado de Manuel Benavides a la ranchería Samuel.

Consiste de varios afloramientos de andesita (ToA-TA) con intensa caolinización y cloritización, las dimensiones son variables de 5 m a 20 m de longitud por 2 a 3 m de espesor por 10 a 20 m de ancho.

litológicamente se tiene la unidad de andesitas y tobas andesíticas, que se presentan en forma de derrames y flujos, cubren discordantemente a rocas sedimentarias del Cretácico Superior. Se observan

zonas de caolinización y cloritización, dentro de estas zonas de alteración se colecto la muestras MB-147 para difracción de rayos X determinando la presencia de feldespatos, clinoptilolita, estilbita, montmorillonita, hematita, calcita., y MB-148, para análisis químico.

Los resultados de análisis químico se muestran en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada.

ÁREA MINERALIZADA TRES MARIAS

Se localiza en la porción poniente de la carta, al oriente del poblado de Manuel Benavides, estructuralmente forma parte del flanco poniente del anticlinal Santa Elena. Litológicamente se tienen presentes secuencias calcárea y calcareoarcillosas del Cretácico Inferior y Superior, afectadas por cuerpos subvolcánicos pseudoestratificados (**ToPA**). Figura 11

Mina Tres Marías

Se localiza al oriente del poblado de Manuel Benavides a 20 Km en línea recta, su acceso es por el camino de terracería que conduce al Ejido Nuevo Lajitas.

Las obras mineras son un socavón de 3 m de ancho por 3 m de alto por 30 m de longitud, un tiro vertical de 2.5 m por 2.5 m de y profundidad desconocida, e inaccesible, donde se tiene instalado una Torre de madera en malas condiciones, que fue utilizada para mantener y extraer el mineral, existe un terrero de mas de 180 m de longitud por 30 de ancho, lo cual evidencia una actividad minera importante. La obra minera se encuentra labrada en calizas de la Formación Santa Elena.

La estructura mineralizada es de forma irregular, de rumbo NW 26° SE, tiende a la vertical, se manifiesta en forma de pequeñas bolsadas y relleno de fracturas, cuyas dimensiones varían de unos centímetros a varios metros de diámetro y longitud. alojados en calizas de estratificación gruesa a masiva, de la Formación Santa Elena.

En la muestrea MB-150 se reportan valores bajos de plomo siendo atractivo el de Zinc 25%,

Mina La Osa

Se localiza al oriente del poblado de Manuel Benavides a 23 Km. En línea recta, su acceso se realiza por el camino de terracería que conduce al ejido Nuevo Lajitas, de ahí se continua hacia por

una brecha hasta llegar a la mina Tres Marías y continuar por una vereda con un recorrido por 3.0 Hrs.

Consiste de un socavón cuyas dimensiones son 4.0m de ancho por 4.0 de alto por 30 m de profundidad, labrada en calizas de la Formación Santa Elena.

La mineralización se observa en pequeñas bolsadas y fracturas rellenas de óxidos, sus dimensiones varían de cm a metros. La mineralización consta de óxidos de zinc, plomo

Se colectó la muestra MB-151 reportando los siguientes valores 4g/t Ag, 0.12 % de Zinc y 2.04 % de plomo. Por sus características que presenta se considera que cae dentro de los Yacimientos Tipo Mississippi Valley.

Mina El Uranio.

Se localiza a 17 Km en línea recta, al noreste del poblado de Manuel Benavides, su acceso es por el camino de terracería que conduce al poblado de Lajitas. la mina cuenta con un desarrollo, frentes cruceros y pozos que suman un total de 100 m de longitud actualmente se encuentran inaccesible, se encuentra labrada en calizas de la Formación Buda.

Geológicamente; en el área se presenta una secuencia de calizas y lutitas pertenecientes a las formaciones Santa Elena, Del Río, Buda y Boquillas, que al noreste de la mina son cubiertas discordantemente por Flujos andesíticos (To A-TA). La estructura que se observa en la obra minera corresponde a una veta con rumbo N50°W, buzando 70°NE. Sus dimensiones son de 1.1 m de espesor por 15 m de longitud y 5 m de profundidad y se encuentra encajonada en calizas de la Formación Buda. La mineralización consiste principalmente de óxidos, y carbonatos zinc, cobre, como mineral de ganga cuarzo. la muestra MB-11 se analizó por Difracción de Rayos X, donde se determinó la presencia de calcita, yeso, hematita, anhidrita, caolinita, cuarzo.

Se tomaron dos muestra MB-12 y 13, los resultados son 0.01 g/ton de Au, 7 g/ton de Ag y 0.0207 % de Pb.

Manifestaciones de mineral El Junco y El Quemado

Estas manifestaciones se describen como una sola ya que presentan características semejantes y muy cercanas una a otra. Se localizan al sur del poblado

de Santa Elena, limite sur de la carta, su acceso es por el camino de terracería que conduce de Manuel Benavides – Paso San Antonio – Santa Elena.

Consisten en pequeños lentes mineralizados cuyas dimensiones son de 0.1 m de ancho X 0.1 m de profundidad X 0.2 m de largo, que se presentan de manera intermitente, pero constante, alojados en horizontes de caliza de la Formación Boquillas. La mineralización consiste en lentes y diseminación de pirita alterada, de posible origen singenético.

Se tomaron las muestras MB-153 y 154, los resultados son oro no se determinó, plata 5 gr/ton.

ZONA MINERALIZADA SIERRA EL CARMÉN

Se localiza en la porción centro-oriental de la carta, a lo largo de la sierra El Carmen, Se caracteriza por presentar en su porción poniente un escarpe de mas de 1200 de desnivel (Falla Las Norias), donde deja al descubierto rocas que van del paleozoico al Cretácico Superior, donde se existen una serie de obras mineras y manifestaciones de mineral. Figura 12

Minas Puerto Rico, San José y Puerto Rico Tres.

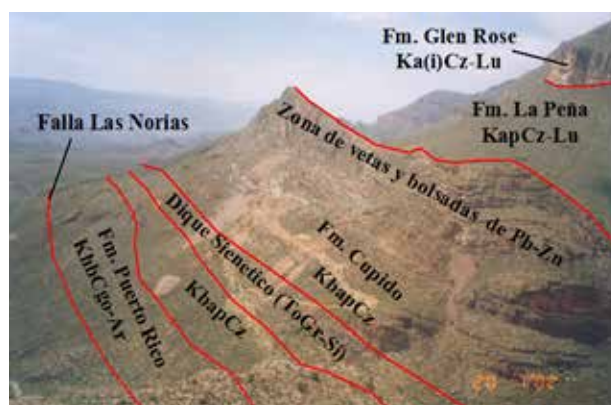
Se localizan en la base poniente de la sierra del Carmen, su acceso se realiza por el camino de terracería que conduce de Múzquiz a Boquillas del Carmen, a la altura del Km. 232 en el ejido Las Norias se continua por un camino de brecha en malas condiciones, inaccesible en tiempo de lluvias y que conduce a las minas .

Estas minas carecen de infraestructura minera siendo la Cd. de Múzquiz la población más cercana y con todos los servicios.

Los desarrollos de obra minera corresponden a los siguientes: la mina Puerto Rico cuenta con varios niveles donde se desarrollaron frentes, tiros, pozos, contrapozos, cruceros, esta obra no fue posible determinar su longitud, pero cuenta con labrados hasta superficie con desniveles de 100 a 150 m, Mina San José. cuenta con un socavón principal, con un desarrollo de 240 m, donde se observan frentes, cruceros, pozos y contrapozos. Mina Puerto Rico tres, cuenta con varias obras de poco desarrollo, así como pozos y catas labradas cuyas dimensiones van de 4 m hasta 120 m. Actualmente estas minas se encuentran inaccesibles.

La roca encajonante esta constituida por una caliza de color gris, estratificación media a gruesa (0.15 –

0.70 m), con esporádicas intercalaciones de lutitas laminares, horizontes dolomitizados y horizontes ricos en contenido de fósiles (Biostromas), asociados a una alta disolución perteneciente a la Formación Cupido (Kbap Cz), la mineralización se presenta en forma de bolsadas, vetas y mantos siendo su comportamiento irregular, pero de manera general se tiene el rumbo de las estructuras, NW 70° SE, con echados de 25° a 35° al NE y de NW 35° SE, con echados de 65° SW, con un espesor promedio es de 0.90 m, profundidad de 200 m y una longitud de 3 Km, que es donde se manifiesta superficialmente la mineralización. Fotografía 21



Fotografía 21.- Mina Puerto Rico; Plomo, zinc, plata, cobre. La mineralización se encuentra en forma de cuerpos irregulares, veta, manto, y bolsadas, alojada en calizas de la Fm. Cupido en la localidad de la sierra El Carmen.

La mena consiste de minerales oxidados de Plomo – Zinc (carbonatos y silicatos) con valores de plata, la ganga es Calcita, Barita, trazas de Fluorita, Cuarzo y Pirita, así como minerales arcillosos (Montmorillonita). De acuerdo estudios de Rayos X realizados en las minas San José – Zaragoza por González, A.A. 1989, reportan los minerales: Galena, Esfalerita, Calcopirita, Malaquita, Anglesita, Celestita, Hemimorfita, Cerusita, Goethita, Smithsonita, cuprita, Hidrómica, Calcita, Barita, Dolomita y Cuarzo, la alteración presente es oxidación, dolomitización y recristalización en algunos horizontes de la caliza Cupido, así como la presencia de un Sill de composición sienítico, según estudio petrográfico la muestra MB-33 lo clasifica como una Sienita recristalizada, el cual se extiende por mas de 1Km, paralelo a la Falla Las Norias, al parecer este sill es posterior al emplazamiento de la mineralización, la mineralización se considerada de origen hidrotermal (Tele termal) de tipo Mississippi Valley.

González, A. A., Izaguirre, R. M. A., 1989, en su informe de la visita de reconocimiento a los lotes

mineros Carmen y Puerto Rico Tres, determinan que en la mina Puerto Rico la estructura mineralizada tiene una potencia promedio de 0.90 m, y ley media de Ag = 98.95 gr/ton, Pb = 4.96 %, Zinc = 12.04 %. En la mina San José la estructura tiene una potencia promedio es de 0.86 m, con una ley media de Ag = 100.96 gr/ton, Pb = 4.6 % y Zn = 11.32 y en la mina Puerto Rico Tres la estructura mineralizada tiene una potencia promedio 0.87 m y ley media de Ag = 123.85 gr/ton, Pb = 1.01 % y Zn = 0.43%. en total calcularon un potencial de 122, 450 toneladas probables con leyes de plomo, zinc, plata, oro.

En este trabajo se colectaron las muestras MB-30, 31,32,37,38,40,41 y 42, tomadas de estructura y terrero, mostrando los resultados en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada.

Las Manifestaciones de mineral Cañón El Centinela, El Pozo y La Media Luna

Se localizan en el extremo sur de la sierra El Carmen y a 30 Km al SE del poblado de Boquillas del Carmen, su acceso se realiza por el camino de terracería que conduce de Aguachile al rancho El Jardín, para de ahí continuar por vereda a las diferentes manifestaciones.

Geológicamente en la zona se tienen unidades litológicas tanto sedimentarias como ígneas intrusivas y extrusivas. Las rocas sedimentarias son principalmente calizas, calizas y lutitas representadas por las Formaciones Santa Elena, Del Río, Buda, Boquillas, sobreyaciendo discordantemente a estas se tienen rocas extrusivas, que consisten en una serie alternante de tobas andesíticas, andesitas y tobas arenosas correspondientes a la unidad To A-Ta. Sobreyaciendo discordantemente a esta unidad se tienen derrames de tobas riolíticas de la unidad To TR.

Las estructuras mineralizadas son: en el Cañón El Centinela es una diseminación de sulfuros de plomo zinc, en un superficie de 10 m por 50 m por una profundidad 5 m, se alojada en un intrusivo de composición granito-sienita (ToGr – Si). En El pozo, es una estructura vetiforme, constituida principalmente por cuarzo lechoso, de rumbo N40°E, buzando 87°NW sus dimensiones son: cuatro metros de espesor, por una longitud aflorante de 100 m, desconociendo su profundidad. En La Media Luna, es una zona de intensa oxidación, en una superficie aproximada de 2 has. litológicamente se presentan una serie de pequeños diques de composición

riolítica emplazados dentro de las tobas riolíticas (**To TR**).

La mineralización consiste principalmente de sulfuros de plomo – zinc, pirita, esporádica calcopirita, la cual se presenta en forma diseminada, la alteración más común es la oxidación y ligera silicificación. Se colectaron las muestras Mb-188, 193,200, 201, cuyos resultados se muestran en la tabla anexa al plano de la zona mineralizada sierra El Carmen.

Manifestación Mineral Fin del Jardín

Se localiza a 20 Km al oriente de Boquillas del Carmen, su acceso se realiza por el camino de terracería que conduce de Aguachile al Rancho del Jardín.

Consiste de un pequeño socavón de 1.5 m de ancho por 2 m. de alto por 6 m de longitud, labrado en una zona de intensa caolinización, las dimensiones de la alteración son de 20 m de ancho por 100 m de largo, desconociéndose su profundidad.

Litológicamente afloran calizas, lutitas y calizas metamorfizadas, pertenecientes a las Formaciones Santa Elena; Del Río, Buda, son de color gris, estructura compacta, con estratificación delgada a mediana, el análisis petrográfico de la muestra MB-103, la describen como una roca de textura compacta, dura granular de grano medio, esta constituida por calcita, minerales opacos, granate, cuarzo-feldespatos potásico, contiene una matriz granular de calcita y lo clasifican como un skarn cuyo origen es de metamorfismo de contacto. Cabe señalar que estas rocas se encuentran en la parte central de una estructura de forma similar a un domo, constituida principalmente por calizas. Este domo es el resultado de los esfuerzos provocados por la presencia en el subsuelo de un cuerpo intrusivo de grandes dimensiones y que además es el causante del metamorfismo de contacto existente en toda la zona.

En un muestreo realizado a la zona de caolinización las muestras MB-104 y 105, no se determinan valores de oro y solamente 3 g/ton de plata.

V. MODELOS DE YACIMIENTOS

MODELO DE YACIMIENTO TIPO MISSISSIPPI VALLEY

Son yacimientos de plomo-zinc. Alojados en rocas carbonatadas, principalmente en horizontes dolomitizados asociados a un intenso fracturamiento, mina Puerto Rico, así como zonas de alta debilidad como son los límites entre estrato y estrato, Karsticidad y fracturamiento (mina Tres Marías), horizontes de biostromas y ocasionalmente en areniscas. En la carta se encuentran encajonados en calizas de edad Barremiano-Aptiano y Albiano. La mineralogía consiste de galena, esfalerita, calcopirita, pirita marcasita, la textura es principalmente de remplazamiento, relleno de cavidades y espacios abiertos. La alteración dominante es la dolomitización regional y una extensa disolución de carbonatos. El origen de estos yacimientos esta controlado por bajas temperaturas (100°) y bajas presiones. Los iones contenidos en las soluciones mineralizantes son removidos y reactivados por estas temperaturas y presiones, ya sea por procesos diagenéticos o por un tectonismo asociado a un fallamiento regional. Al ascender estas soluciones llegan a emplazarse en calizas y dolomitas, siendo estas las más reactivas para la ocurrencia de mineralización. Figura 13

MODELO DE YACIMIENTO TIPO SKARN DE FIERRO

La mineralización de hierro, plomo – zinc y plata, presente en la mina de San Carlos es representativa de los yacimiento tipo skarn de hierro. El termino skarn se utiliza para describir aquellas rocas que han sido intrusionadas por rocas ígneas y que de acuerdo a su composición producen zonas de recristalización, alteración y remplazamiento (metamorfismo de contacto). Una de las características de estos yacimientos son la naturaleza de sus minerales de ganga, que es una mezcla de silicatos anhidros e hidratados de Ca, Mg, Fe y Al, mostrando algunos de ellos contenidos económicos de Cu, Fe, Co, W, Mo, Sn, Zn, Au, Ba, Bi, etc. Este tipo de yacimientos se desarrollan en las cercanías o contactos de las rocas ígneas y rocas intrusionadas, como en este caso el granito intrusiona a calizas, produciéndose una zona de metasomatismo de contacto, como el yacimiento de San Carlos, donde la roca encajonante alcanzo temperaturas máximas de 620°C y produjo el desarrollo de corneanas de forsterita y dióxido y en temperaturas mas bajas en áreas mas alejadas se desarrollaron corneana de tremolita y mármoles de calcita-dolomita, siendo estas zonas de alteración las

que prepararon los horizontes favorables para que se lleve a cabo la precipitación de la mena. (Immit, J.P. 1985). Figura 14

V.- MODELO DE YACIMIENTO DE FLUORITA

En la carta se tienen importantes yacimientos de fluorita, los cuales han sido y se siguen explotando. Este tipo de yacimientos se encuentran emplazados principalmente al contacto entre el pórfido riolítico y calizas del Albiano, formando cuerpos irregulares siguiendo el contorno del contacto (Aguachile, El Caracol, Mal Abrigo etc.), también remplazando a calizas del Albiano, en forma de manto, concordante a la estratificación y rellenando fracturamientos

(Evelyn, San Genaro etc.). Uno de los procesos que dieron origen a la preparación del terreno para la acumulación de mineralización son los esfuerzos provocados por los eventos intrusivos, para que posteriormente mediante un proceso hidrotermal donde las soluciones mineralizantes ascendentes al reaccionar con las calizas precipitan y mineralizan. Mediante el análisis de oclusiones fluidas de varias estructuras mineralizadas, se determinaron temperaturas de homogenización que van de 98°C a 208°C, por lo que su origen se considera epitermal. Figura 15

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fisiográficamente la porción poniente de la carta se ubica dentro de la provincia Cuencas y Sierras y la porción oriental se ubica en la subprovincia Sierras del Norte, perteneciente a la Sierra Madre Oriental.

En el área se identificaron las diferencias y similitudes litológicas que existen en los paleoelementos denominados Cuenca de Chihuahua y Plataforma del Burro-Peyotes que consisten en su diferente basamento constituido por argilitas de edad carbonífera y esquistos del Devónico, respectivamente. Para el Cretácico en ambos paleoelementos se tienen secuencias formacionales calcareoarcillosas equivalentes litoestratigráficamente, con variaciones en lo que respecta a espesores y cambios de facies laterales y verticales.

En el Terciario y durante el Eoceno en la Plataforma del Burro-Peyotes se tienen eventos intrusivos representados por diques andesíticos (Te PA). Durante el Oligoceno y para ambos paleoelementos, se tienen eventos volcánicos representados por las secuencias andesíticas (To A-TA) hacia la base, seguida de rocas de composición riolítica (To TR) a la cima. De tipo intrusivo se tienen granito (To Gr), pórfidos andesíticos (To TA), pórfidos riolíticos (To PR) y una diferenciación magmática que varía de granito a sienita (To Gr-Si).

Estructuralmente se definen los anticlinales del Burro y Morelos-Cuatro Palmas, el sinclinal Sierra del Carmen, anticlinal Santa Elena y anticlinal Sierra Azul. Las cabalgaduras El Consuelo, San Vicente, Santa Elena, Sierra Azul, productos de los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide. Las fallas normales denominadas Las

Norias, Santa Elena y Tres Marías. Paralelo a este fallamiento principal existe diversas fallas menores que forman fosas y pilares que caracterizan los eventos distensivos ocurridos en el Terciario. Los ejes de las estructuras Cretácicas y Terciarias, presentan un rumbo preferencial al NW.

En lo que respecta a yacimientos minerales se definieron cuatro zonas mineralizadas y un área. Las Zonas Mineralizadas Aguachile, Sierra del Carmen y San Vicente tienen yacimientos principalmente de fluorita, los cuales se presentan a lo largo del contacto de calizas de la Formación Santa Elena y diques pórfido riolíticos que forman estructuras irregulares, vetas, bolsadas y chimeneas. Las estructuras tipo manto aparentemente no tiene relación con los cuerpos riolíticos antes mencionados (San Vicente). En la Zona Mineralizada Sierra Azul, en la mina San Carlos se observa una serie de lentes, estratiformes constituidos principalmente por magnetita y minerales de tipo económicos constituidos por galena argentífera, esfalerita y escaso oro libre. En el área mineralizada Tres Marías y Zona Sierra del Carmen se presenta yacimientos tipo Mississippi Valley, en las minas Tres Marías y Puerto Rico respectivamente. La mineralización principalmente esta constituida por óxidos, calaminas y sulfuros a manera de bolsadas y estructuras tabulares discontinuas en calizas de las formaciones Cupido y Santa Elena

En la mina de Aguachile en el nivel 256 se tiene la presencia de sulfuros de Pb, Zn y Cu, existiendo condiciones propicias para localizar a profundidad mineralización de tipo metálico (Pb, Zn, Ag), por lo que se sugiere realizar barrenación de interior mina,

a fin de cortar la Formación Cupido, que es buena receptora para este tipo de minerales. Cabe mencionar que la mineralización actual de fluorita se localiza en la zona de contacto de un pórfido riolítico-calizas de la Formación Santa Elena, pero también existe la presencia de un intrusivo de composición sienítica.

En la Sierra de San Vicente se tiene la presencia de una gran cantidad de manifestaciones minerales de fluorita en forma de pequeños mantos discontinuos, que en forma aislada no representan gran

importancia, pero que en conjunto y a profundidad pudieran representar un yacimiento económico. Se recomienda barrenación profunda.

Se localizaron cinco prospectos de rocas dimensionables que son Tinaja Dura y El Caballo por granito, Los Tubos por Sienita, Punta de Agua por mármol y Las Palomas por caliza. En base a los estudios físicos presentas condiciones idóneas para ser utilizados como materiales de recubrimiento.

VII.- PROBLEMAS NO RESUELTOS

En las zonas de la Sierra del Carmen, San Vicente y Santa Elena, no están bien definidos los límites de paleoelemento al que pertenecen, ya que diversos autores como Daugherty, en su trabajo de geología del área de Pico Etéreo menciona a los autores que han descrito las unidades litoestratigráficas y que les han asignado nombres formacionales diferentes a los que se manejan en los paleoelementos Plataforma del Burro-Peyotes y límite con la Cuenca

de Chihuahua, además los correlacionan con unidades litológicas del centro de Texas.

Es importante definir los límites de estos paleoelementos ya que en ellos existen condiciones favorables para que se alojen yacimientos plomo-zinc tipo Mississippi Valley.

Datar los intrusivos para poder definir edad de la mineralización.

BIBLIOGRAFÍA

Arenal del C., R., 1964. Estudio Geológico del Área Ojinaga-San Carlos, Estado de Chihuahua: Consejo de Recursos Naturales No Renovables-Exploraciones Geológicas y Geofísicas, S.A. 65 p.

Avila R., P. C., 1990. Domincia Seis: La Domincia, S. A. de C. V. Departamento de Geología, Informe Geológico Interno. 10 p.

Benítez M., J. A., 1973. Anomalía Boquillas del Carmen, Proyecto Norte de Coahuila: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 16 p.

Carpenter, D. L., 1997. Tectonic history of the metamorphic basement rocks of the Sierra del Carmen, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin. V. 109, No. 10, p. 1321-1332.

Castro G., S., 1989. Informe de la Visita de Reconocimiento al Lote Minero "Siempre Si" ubicado en el Municipio de Villa Acuña, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 24 p.

Castro G., S., 1989. Informe de la Visita de Reconocimiento efectuada en el Lote Minero "El Jardín", ubicado en el Mpio. de Ocampo, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 17 p.

Daugherty, F. W., 1962 (1978). Geología del Área de Pico Etéreo, Municipio de Acuña, Coahuila: UNAM, Instituto de Geología. Boletín 100, 72 p.

Davis, W. M., 1964. Report of Exploration on Domincia No. 6 Claim, Pico Etereo District, Coahuila, Mexico: The Dow Chemical Company. Confidencial. 11 p.

Dickinson, W. R; Lawton, T. F., 2001. Carboniferous to Cretaceous assembly and fragmentation of Mexico: Geological Society of America Bulletin. V. 113, No. 9, p. 1142-1160.

Espinoza M., M., 1986. Informe de la Visita de Reconocimiento realizada al Lote Minero "Totopos Uno" ubicado en el Municipio de Ocampo, Coahuila:

Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. P. 20.

Flawn P. T.; Díaz G. T., 1959. Problems of Paleozoic Tectonics in North – Central and Northeastern Mexico: Bureau of Economic Geology . V. 43, N° 1, p 224–230.

Fuentes P., T. E., 1984. Informe de la Visita de Reconocimiento al Lote Minero “Santa Anita”, ubicado en el Mpio. de Acuña, Coah.: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 10 p.

Fuentes P., T. E.; Solana L., J., 1985. Informe de las Visitas de Reconocimiento a los Lotes Mineros Ima y Ultimo, ubicados en el Mpio. de Ocampo, Coah.: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 11 p.

García G., C., 1959. Informe sobre los depósitos de Fluorita de Aguachile, en el Norte del Estado de Coahuila: Comisión de Fomento Minero. 7 p.

González R., A., 1989. Informe de la Exploración Regional con Helicóptero, en la Sierra del Carmen, Coah., (Zona Carmen, Coah.): Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 13 p.

González A., A.; Izaguirre R., M. A., 1989. Informe de la Visita de Reconocimiento a los Lotes Mineros “Carmen” y “El Puerto Rico Tres”, ubicados en el Municipio de Ocampo, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 43 p.

Haenggi, W. T., 1967. Preliminary study of Malabrigo Mine, Pico Etereo Fluorspar Distric, Coahuila, Mexico: The Dow Chemical. Confidencial. 23 p.

Handschy, J. W.; Keller, G.R.; Smith, K. J., 1987. The Ouachita System in Northern Mexico: Tectonic. V. 6, No. 3. p. 323-330.

Henry, C. D.; Price, J. G., 1986. Early Basin and Range Development in Trans-Pecos Texas and Adjacent Chihuahua: Magmatism and Orientation, Timing, and Style of Extension: Journal of Geophysical Research. V. 91, No. B6. P. 6213-6224.

Immitt, J. P., 1985 (1987). Mineralización Tipo Skarn y Vetas Epitermales en la Región de la Caldera de San Carlos Noreste de Chihuahua: UNAM, Instituto de Geología. Bol. 103. 77 p.

Izaguirre R., M. A., 1989. Informe de Visita de Reconocimiento a los Lotes Mineros “San Genaro”, “Evelyn” y “Evelyn Dos”, ubicados en el Municipio de Ocampo, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 20 p.

Izaguirre R., M. A.; Duarte T., L. A.; Oñate S., H., 1989. Informe de la Visita de Reconocimiento al Lote Minero “Santa Anita Número Dos”, ubicado en el Mpio. de Acuña, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 23 p.

Martínez T., M., 1989. Visita de Reconocimiento al Lote Minero “Tres Hermanos”, ubicado en el Mpio. de Ocampo, Coahuila: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 19 p.

McAnulty W. N., 1962. Fluorspar Deposits in Coahuila, Mexico with special reference to the Aguachile and Cuatro Palmas deposits in Northern Coahuila: La Dominica, S. A. de C. V.-Consejo de Recursos Minerales. 26 p.

McAnulty W. N.; Sewell C. R.; Atkinson D. R.; Rasberry J. M., 1963. Aguachile Beryllium-Bearing Fluorspar District, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin. V. 74, p. 735-744.

Metal Mining Agency of Japon, 1978. Report on Geological Survey of the Coahuila Area Northern Mexico: Japan International Cooperation Agency-Consejo de Recursos Minerales. Phase I, II, III, IV.

Maxwell, R. A., 1987. The Big Bend of the Rio Grande: Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin. Guidebook 7. P 1-91

Muñoz C., F.; Flores R., R.; Espinoza A., E. G., 1990. Estudio Geológico de los Lotes Mineros de la Dominica, Municipios de Acuña y Ocampo, Edo. de Coahuila: Minas de San Luis, S. A. de C. V. 20 p.

Ojeda R., J., 1959. Depósitos de Fluorita con Berilio de Aguachile, Coah. Bosquejo geológico de los depósitos y opinión relativa al problema de carácter legal planteado por la Cía. Minera La Dominica, S.A de C.V.: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 22 p.

Ojeda R., J., 1961. Depósitos de Fluorita con Berilio en Aguachile, Coah.: Consejo de Recursos Naturales No Renovable. Boletín 61. 16 p.

Rivera, M. J. C.; González, A. A., 1991. Informe de la III Etapa de Exploración Regional con apoyo de Helicóptero, en la Zona Carmen, Coah. (Verificación Terrestre): Consejo de Recursos Minerales. 15 p.

Rivera M., J. C., 1992. Informe de la Visita de Reconocimiento al Lote Minero "Max II", Municipio de Ocampo, Coah: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 10 p.

Rosales O., J. N., 1989. Resultados de las pruebas efectuadas por el método de vapores de Mercurio en la Caldera de Aguachile, Distrito Minero Pico Etereo, Acuña, Coahuila, Mexico: Minas de San Luis, S. A. de C. V. 26 p.

Ross A. M., 1968. The Big Bend of the Río Grande: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology. 138 p.

Sánchez A., P., 1973. Anomalía Cerro del Colorado: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 5 p.

Sánchez A., P., 1975. Levantamiento Geológico-Geoquímico de detalle del Área Puerto Rico, Municipio de Villa Ocampo, Coahuila: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 99 p.

Sarmiento B., R., 1973. Anomalía La Linda: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 26 p.

Sarmiento B., R. 1973. Anomalía La Hormiga: Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe Técnico Inédito. 20 p.

Smith, C. I., 1970. Lower Cretaceous Stratigraphy, Northern Coahuila, Mexico: Bureau of Economic Geology. Report of Investigations No. 65. 101 p.

University of Texas at Austin, 1979. Geologic Atlas of Texas, Emory Peak-Presidio Sheet, scale: 1:250,000: Bureau of Economic Geology.

Villasana H., M. A.; Chairez B., J.; Fuentes P., T. E., 1981. Informe de la Visita de Reconocimiento a las Minas de Fluorita en el Lote "Los Tres Amigos", en el Mpio. de Ocampo, Coah: Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico Inédito. 20 p.

Villasana H., M. A.; Chairez B., J.; Fuentes P., T. E., 1981. Informe de la Visita de Reconocimiento en los Lotes Mineros "Un Día de Estos" y "Un Día de Estos Num. 3", en el Mpio. de Ocampo, Coah: Consejo de Recursos. Informe Técnico Inédito. 15 p.