



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“Elaboración de la carta geológico-minera San Antonio de Adentro
G14-A64, escala 1:50,000”**

INFORME

Que para obtener el título de

INGENIERA GEÓLOGA

POR TITULACIÓN POR TRABAJO PROFESIONAL

PRESENTA:

Urenia Navarro Sánchez

DIRECTOR

Ing. Miguel I. Vera Ocampo



Ciudad Universitaria, México, Noviembre de 2014.

CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO DEL ESTUDIO	5
TRABAJOS PREVIOS	6
MÉTODO DE TRABAJO	7
I. GEOGRAFÍA	9
I.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA	9
I.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	9
I.3. FISIOGRAFÍA	10
II. GEOLOGÍA	12
II.1. MARCO GEOLÓGICO	12
II.2. ESTRATIGRAFÍA	13
II.2.1. Jurásico	13
Yeso-Caliza. Formación Minas Viejas (<i>Jo Y-Cz</i>)	
II.2.2. Cretácico Inferior	16
Caliza-Dolomía. Formación Aurora (<i>Ka Cz-Do</i>)	
Lutita-Caliza. Formación Kiamichi (<i>Ka Lu-Cz</i>)	
Caliza-Dolomía. Formación Monclova (<i>Kace Cz-Do</i>)	
II.2.3. Cretácico Superior	19
Caliza. Formación Buda (<i>Kce Cz</i>)	
Lutita-Caliza. Formación Eagle Ford (<i>Kcet Lu-Cz</i>)	
Caliza-Lutita. Formación Austin (<i>Kcoss Cz-Lu</i>)	
Lutita-Limolita Formación Upson (<i>Kc Lu-Lm</i>)	
Arenisca-Lutita. Formación San Miguel (<i>Kc Ar-Lu</i>)	
Lutita-Arenisca. Formación Olmos (<i>Km Lu-Ar</i>)	
Limolita-Arenisca. Formación Escondido (<i>Km Lm-Ar</i>)	
II.2.4. Cuaternario	25
Coluvión (<i>Qho co</i>)	
Aluvión (<i>Qho al</i>)	
II.2.5. Rocas ígneas intrusivas	26
Granodiorita (<i>Te Gd</i>)	
II.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	27
II.3.1. Descripción de estructuras	27
II.3.1.1. Deformación dúctil-frágil	29
II.3.1.2. Deformación frágil	30
II.4. TECTÓNICA	31

III. YACIMIENTOS MINERALES	34
III.1. METÁLICOS	34
III.1.1. Introducción	34
III.1.2. Antecedentes	34
III.1.3. Minas en explotación	34
III.1.4. Infraestructura	34
III.1.5. Regiones/distritos mineros/zonas/áreas	34
III.1.5.1. Área mineralizada Pánuco Mina Pánuco	34
III.1.5.2. Área mineralizada La Ventana Mina La Reyna Mina El Alacrán	42
III.2. NO METÁLICOS	48
III.2.1. Introducción	48
III.2.2. Antecedentes	48
III.2.3. Minas en explotación	48
III.2.4. Infraestructura	48
III.2.5. Zona/elemento/producto	48
III.2.5.1. Subcuenca Carbonífera Adjuntas Sur	48
III.2.5.2. Mina El Alce	49
III.2.6. Rocas dimensionables	51
Banco de material Campo Real.	
IV. MODELO DE YACIMIENTOS	53
IV.1. MODELO DE YACIMIENTO MINA PÁNUCO	53
IV.2. MODELO DE YACIMIENTO MINAS LA REYNA Y EL ALACRÁN	54
IV.3. MODELO DE YACIMIENTO DE CARBÓN	55
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
V.1. CONCLUSIONES	58
V.2. RECOMENDACIONES	58
V.3. PROBLEMAS NO RESUELTOS	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ANEXO

Plano geológico-estructural

RESUMEN

La carta San Antonio de Adentro queda comprendida en los límites entre los estados de Coahuila y Nuevo León, dentro de los municipios de Candela y Castaños (Coahuila) y los municipios de Mina y Bustamante (Nuevo León) tiene como coordenadas geográficas 26° 30' y 26° 45' de latitud norte, y los meridianos 100° 40' y 101° 00' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 921 km². Se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en los límites de las subprovincias de Sierras y Llanuras Coahuilenses y Pliegues de Saltillo-Parras. En el área afloran, en su gran mayoría, rocas sedimentarias de edad cretácica, representadas principalmente por caliza, caliza dolomítica, lutita, limolita, arenisca y los depósitos recientes, aunque se tiene, en la base de la columna, una unidad de edad Jurásico superior. En la esquina noroeste aflora también un intrusivo granodiorítico (cerro Pánuco), en forma de stocks que forma parte del cinturón de intrusivos Candela-Monclova que se emplazaron entre 45 y 35 Ma. La unidad Jurásica corresponde a la secuencia de yeso-caliza con intercalaciones de lutita y arenisca correspondientes a la Formación Minas Viejas (**Jo Y-Cz**). En el Cretácico, la unidad más antigua consiste en caliza y dolomía de la Formación Aurora (**Ka Cz-Do**). Sobreyace concordantemente a la Formación Aurora una secuencia de lutita y caliza que corresponde a la Formación Kiamichi (**Ka Lu-Cz**). Hacia la el noreste, aflora la Formación Buda (**Kce Cz**) que integra a lo que se conoce como Grupo Washita, que representa un cambio de facies con la Formación Monclova (**Kace Cz-Do**) que consiste en caliza y dolomía. Arriba de la Formación Buda se tiene una alternancia de lutita y caliza arcillosa de la Formación Eagle Ford (**Kcet Lu-Cz**). Encima de esta unidad se tiene caliza arcillosa con alternancia de lutita correspondiente a la Formación Austin (**Kcoss Cz-Lu**). De forma concordante le sobreyace una unidad constituida en su parte inferior de lutita y limolita calcárea; que corresponden a la Formación Upson (**Kc Lu-Lm**). Sobreyace concordantemente a la Formación Upson una unidad conformada por arenisca con intercalaciones de lutita, definida como Formación San Miguel (**Kc Ar-Lu**). Sobreyace concordantemente a la unidad anterior una secuencia de lutita y arenisca pertenecientes a la Formación Olmos (**Km Lu-Ar**). Como último evento sedimentario del Cretácico se encuentra la Formación Escondido (**Km Lm-Ar**), que consiste de limolita y arenisca; sobreyace en forma concordante a la Formación Olmos y se encuentra en el centro de la estructura sinclinal denominada La Mesa. Una serie de depósitos de coluvión (**Qho co**), y aluvión (**Qho al**) de edad cuaternaria, se presentan como los últimos acontecimientos sedimentarios del área. Intrusionando a las rocas sedimentarias hasta el Cretácico superior, se identificaron cinco cuerpos y un diquestrato de composición granodiorítica (**Te Gd**).

En el contexto de terrenos tectonoestratigráficos, el área de estudio se ubica en el terreno Coahuila o Coahuiletano, según las diferentes clasificaciones. La evolución geológica de dicho terreno es particularmente compleja, la tectónica pre-Pangea es poco conocida, la historia mejor conocida del noreste de México se tiene después de formarse el supercontinente Pangea al colisionar Laurasia con Gondwana (orogenia Ouachita-Marathon) lo que produjo también la acreción de terrenos sobre la margen sur de Norteamérica. Se han encontrado evidencias, dentro del terreno Coahuila, de la existencia de dos arcos magmáticos continentales, el más antiguo con edades del Pensilvánico al Pérmico y Permo-Triásicas y el más joven del Triásico Tardío-Jurásico. A partir del Triásico tardío, producto de un evento de rifting continental, se da la apertura del golfo de México y la generación de su margen pasivo, después de dicho evento extensional, las zonas continentales de bajo relieve experimentaron transgresiones marinas que produjeron las potentes secuencias sedimentarias que serían deformadas posteriormente por efectos de la orogenia Laramide, producto de la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica lo que dio

lugar a la evolución del margen activo en el oeste de México y la reactivación de fallas antiguas como las fallas San Marcos y La Babia. El Terciario se caracteriza por una tectónica distensiva.

En cuanto al potencial minero se tiene el área mineralizada Pánuco, ubicada en la porción noroeste de la carta; se encuentran yacimientos de cobre y molibdeno (Mina Pánuco), y el área mineralizada Sierra la Ventana, donde se ubican dos obras mineras (La Reyna y el Alacrán) con valores de plomo, zinc y valores bajos de plata.

En cuanto a yacimientos no metálicos son de importancia los yacimientos de dolomía, que se localizan hacia la base de la Formación Monclova en la sierra La Gloria. Actualmente, únicamente en forma esporádica se extraen lutita y caliza arcillosa de la Formación Eagle Ford, para fachadas y pisos, pero potencialmente se tienen cuerpos de dolomía emplazados en horizontes de caliza dentro de la Formación Monclova, además de evidencias hacia el norte (fuera de la carta) de la existencia de carbón en las rocas terrígenas de las Formación Olmos.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es producto del programa de cartografía geológico-minera que actualmente realiza a nivel nacional el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Cabe señalar que dicho programa permite generar la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas y magnéticas, en escala 1:50,000 para proporcionar al sector minero y al usuario en general, de manera completa y eficiente, el servicio de información geológico-minera del país.

La carta San Antonio de Adentro G14-A64, fue elaborada por el personal de la empresa Procesos Analíticos Informáticos S.A. de C.V. para el SGM.

La información generada, producto de dichos trabajos, es pública y se puede consultar a través de la página de Internet del SGM. El presente trabajo está basado en dicha información.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general, de manera completa y eficiente la información geológico-minera de nuestro país, el Servicio Geológico Mexicano instituyó un programa prioritario que corresponde a la generación de la infraestructura básica especializada geológico-minera, con el fin de producir y procesar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas y magnéticas, con base topográfica de INEGI en las escalas 1:50,000 y 1:250,000.

La información generada contribuye a definir y precisar áreas de interés minero, susceptibles de ser abiertas a una exploración más amplia y detallada, y es de gran utilidad en investigaciones de geología aplicada ya que provee información que incide en decisiones acerca del uso de los recursos naturales, administración del medio ambiente y riesgos geológicos.

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 permitirán al usuario conocer, interpretar y seleccionar las características y potencialidad de cada zona, esta información se sintetiza en cartas especializadas accesibles al público en planos impresos o de forma digital, que se complementa con información textual.

El caso del presente estudio consistió en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la carta San Antonio de Adentro clave G14-A64, escala 1:50,000, mediante la exploración integral programada, realizando el estudio e interpretación de las imágenes de satélite disponibles, modelo de elevación del terreno y fotografías aéreas del área de estudio como un apoyo adicional, previo al trabajo de campo que consiste en el mapeo de unidades litológicas, estructuras geológicas, zonas de alteración y prospectos mineros; paralelamente se realizó un estudio geoquímico de sedimento activo de arroyo, además de un estudio de magnetometría aérea, que no son parte de este informe.

El proceso final de edición de las cartas, tanto impresa como en forma digital que incluye su base de datos, se realiza con un sistema de información geográfica (ER MAPPER/ ARC MAP), para el manejo oportuno de grandes volúmenes de información geológica, estructural, minera, geoquímica, geofísica, que puede ser referida a diversos sistemas de coordenadas, pudiendo efectuar su actualización, manipulación y análisis de forma rápida, eficaz y exacta; presentando, además, ante el público la posibilidad de obtener cartas con varias disciplinas integradas, cartas temáticas o especializadas, en función de los requerimientos del usuario.

TRABAJOS PREVIOS

Se llevó a cabo una recopilación de estudios previos dentro y fuera de los límites de la carta San Antonio de Adentro, relacionados con la geología y minería de la región. Como resultado de la compilación, se revisaron diversos estudios algunos de los cuales se enlistan a continuación:

En 1953, Humphrey W. E., realizó un trabajo para PEMEX, sobre las posibilidades de encontrar petróleo en el Jurásico superior en el noreste de México.

Humphrey W. E., en 1956, realiza una importante síntesis de la estratigrafía y tectónica del noreste de México definiendo y redefiniendo las formaciones y grupos formacionales que van del Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior.

En 1956, Robeck R. C., Pesquera V. R. y Ulloa A. S., realizan el estudio geológico más completo en ese entonces, en el que se describe detalladamente la estratigrafía y estructuras de la región de Sabinas, y se estiman las reservas de carbón.

En el año de 1962, el CRNNR, realiza el estudio “Geología y exploración de las cuencas carboníferas de Adjuntas y Monclova, Coah.”, realizado por Bravo N. J. y Alvarado M. D., este trabajo hace un análisis de algunos trabajos previos como el del Ing. Luis G. Jiménez hecho en 1944 con título de “Los carbones minerales”, en donde se hace referencia a los yacimientos de carbón del estado de Coahuila; se comenta también sobre las perforaciones efectuadas en las cuencas de Monclova y Adjuntas, realizado por A. Gamboa y E. Coterillo, en el año de 1958 (inéditos); se concluye con la descripción de los estudios geológicos, tanto superficiales como de obra directa que han permitido conocer la estructura y petrología de las cuencas de Monclova y Adjuntas, así como determinar de manera general sus límites.

En 1977, Galicia F. J., del CRNNR, realiza el trabajo “Geología de detalle de la cuenca Las Adjuntas (porción sureste) estados de Coahuila y Nuevo León”. El trabajo hace un análisis de las características que presentan las unidades cretácicas aflorantes en la porción sur de la subcuenca de Adjuntas y sus posibilidades de contener mantos de carbón.

En 1993, el CRM, publica la Monografía Geológica Minera del estado de Coahuila, que proporciona información sobre la geología, yacimientos minerales y otros recursos naturales a lo largo del estado de Coahuila.

Goldhammer R. K., en 1999, trata la evolución tectónica, paleogeográfica y las secuencias estratigráficas del noreste de México, resalta que el área Monterrey-Salttillo representa la conjunción de dos provincias tectonoestratigráficas; el este del Golfo de México y la Pacífico oeste, las cuales poseen una evolución tectónica diferente y separada por consiguiente, un paquete estratigráfico distinto.

Chávez C. G., en el año 2003, realiza la geocronología (^{40}Ar - ^{39}Ar), e isotopía del cinturón de intrusivos Candela-Monclova. En este estudio se fecharon intrusivos sin-tectónicos y post-tectónicos del cinturón de intrusivos Candela Monclova para definir la edad de culminación de la fase tardía del evento Laramide en el noreste de México. Establece que la terminación del evento Laramide en el cinturón plegado de Coahuila debió terminar entre los 41.3 Ma y 39 Ma.

Chávez C. G., en el año 2005, presenta su tesis doctoral titulada “Deformación y Magmatismo Cenozoicos en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México”, donde documenta las edades de culminación de la orogenia Laramide y del cambio de magmatismo de subducción a intraplaca así como el emplazamiento de los cuerpos intrusivos del cinturón de intrusivos de Candela-Monclova.

González S. F., en el 2008 presenta su tesis doctoral titulada “Caracterización y génesis de los yacimientos minerales estratoligados de celestita, barita, fluorita y plomo-zinc del noreste de México” en donde se destaca que la mayoría de este tipo de depósitos se asocian espacialmente con altos de basamento (horsts) como el Bloque de Coahuila, la Paleopenínsula de El Burro-Peyotes, la Paleoisla de La Mula, la Paleoisla de Monclova y el Paleoarchipiélago de Tamaulipas.

En 2008, el SGM publica la actualización de la monografía geológico-minera del estado de Coahuila lo que brinda un marco geológico regional y una breve descripción de la evolución tectónica del área.

Fuentes G. E., 2010, realiza su tesis de licenciatura titulada “Geología y potencial minero de la sierra La Paila, Mpio. de Ramos Arizpe, Edo. Coahuila”. En donde se describen los trabajos de cartografía geológico-minera de las cartas Sierra La Paila y Las Coloradas, así como los tipos de yacimientos que se encuentran dentro del área de las mismas.

MÉTODO DE TRABAJO

La metodología aplicada para la realización del proyecto integral cartográfico escala 1:50,000, consistió de tres etapas que se mencionan a continuación:

- 1.- Gabinete, al inicio de los trabajos (recopilación y análisis de la información biblio-cartográfica disponible)
- 2.- Cartografía, como parte medular del estudio (mapeo geológico-estructural, de alteraciones y áreas mineralizadas, bancos de material y rocas aprovechables), muestreo de sedimento activo de arroyo.
- 3.- Integración, interpretación y elaboración de informe y planos finales, como resultado final de los trabajos.

La primera etapa de gabinete consistió en:

- a.- Recopilación de información: para su selección, integración y reinterpretación para los fines geológico-mineros y geoquímicos perseguidos. Las fuentes de información fueron el propio Servicio Geológico Mexicano, INEGI para obtención de la cartografía base, e instituciones afines como Petróleos Mexicanos, Instituto de Geología de la UNAM, Instituto Mexicano del Petróleo, Comisión Federal de Electricidad, así como otras universidades, institutos y empresas mineras.
- b.- Interpretación de: Imágenes de satélite con especial énfasis en lineamientos y curvilineamientos, zonas de alteración y relación estructural con yacimientos minerales conocidos para la definición de nuevas áreas prospectivas.
- c.- Programación de localidades de muestreo de sedimento activo de arroyo para geoquímica regional, con densidad de una muestra por cada 5.17 km², aplicando el criterio de cuencas y subcuencas.

La segunda etapa se realizó en campo y comprendió lo siguiente:

- a.- Obtención de muestreo geoquímico de sedimento activo (limo y arcilla) de arroyo, con un total de 178 muestras. A las muestras colectadas 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. (Los resultados e interpretación de dicho muestreo no es parte de este informe)

b.- Cartografía geológica, definiendo contactos litológicos, mediante caminamientos apoyados con equipos de navegación GPS e imágenes de satélite 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 delimitaron zonas, distritos o provincias mineralizadas con sus respectivas características, además de áreas nuevas prospectivas.

d.- Obtención de muestras de esquirlas de zonas mineralizadas y alteraciones para análisis químico; también se obtuvieron muestras para análisis petrográficos y minerográficos.

La tercera y última etapa consistió en la integración, interpretación y validación de la información obtenida, se realizó durante los últimos dos períodos de trabajo. El resultado de esta etapa se traduce en un informe final con los siguientes planos digitalizados: geológico minero, estructural; de yacimientos minerales, de dataciones paleontológicas y de muestreo general. Para la edición de las cartas finales se utiliza un sistema de información geográfica (ARC MAP), el que permite la posibilidad de ofrecer al público las combinaciones de varias disciplinas para la impresión de cartas temáticas.

I. GEOGRAFÍA

I.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

La carta San Antonio de Adentro **G14 A-54** se ubica en los límites de los estados de Coahuila y Nuevo León, a 40 Km al sureste de la ciudad de Monclava, Coah., dentro del los municipios de Candela y Castaños (Coahuila) y los municipios de Mina y Bustamante (Nuevo León). Geográficamente se encuentra limitada por las coordenadas 26° 30' y 26° 45' de latitud norte, y los meridianos 100° 40' y 101° 00' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 921 km². **(Figura I.1)**

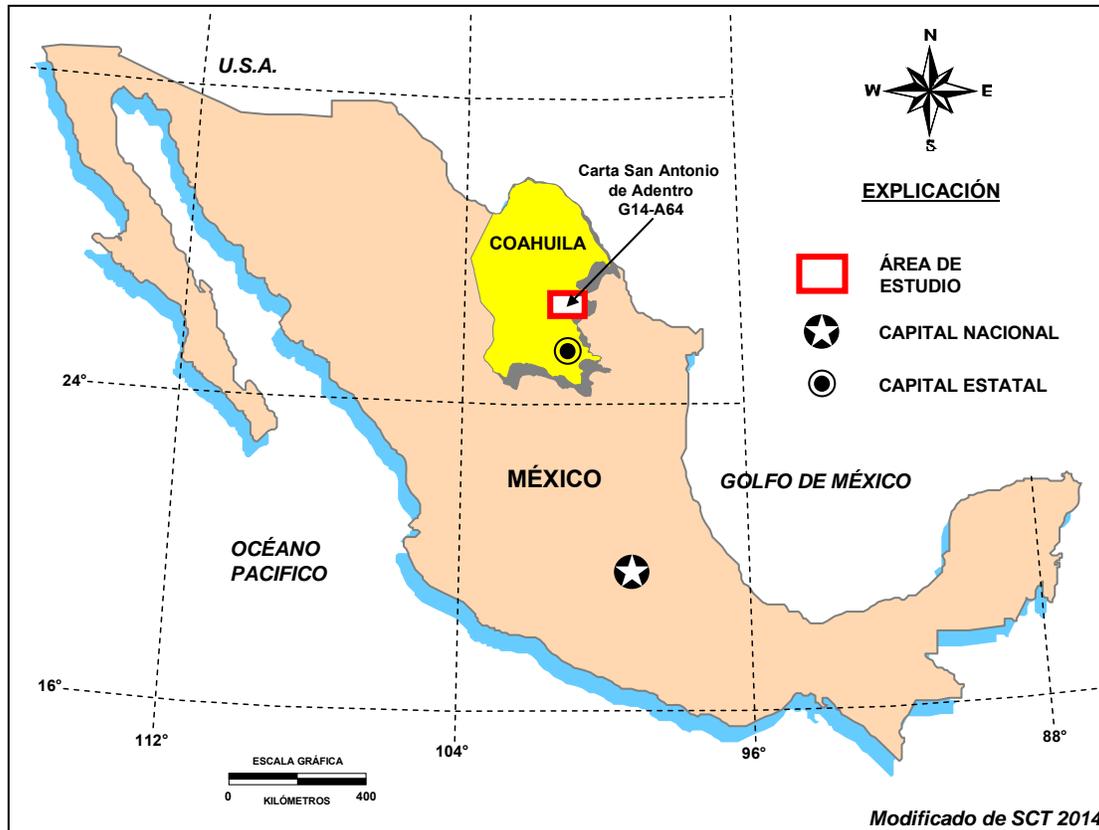


Figura I.1.- Localización del área de estudio

I.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso principal a la zona de estudio es por la carretera estatal No 30, en su tramo Monclova-Candela, Coah; sobre esta carretera se recorren alrededor de 45 km hasta el ejido El Huizachal (que se ubica fuera de la carta muy cerca de la esquina noroeste de la misma), desde donde parten varios caminos de terracería y brechas en regulares condiciones, mediante los cuales se recorre fácilmente la parte oeste de la carta; el trazo de la carretera estatal es casi paralelo al límite norte de la carta y aunque se encuentra fuera de la misma queda muy cercana a dicho límite, a lo largo de ésta se desprenden varios caminos y brechas a través de los cuales se puede acceder a gran parte del área. El área de la carta se encuentra ocupada en su totalidad por grandes ranchos ganaderos y cinegéticos. **(Figura I.2)**

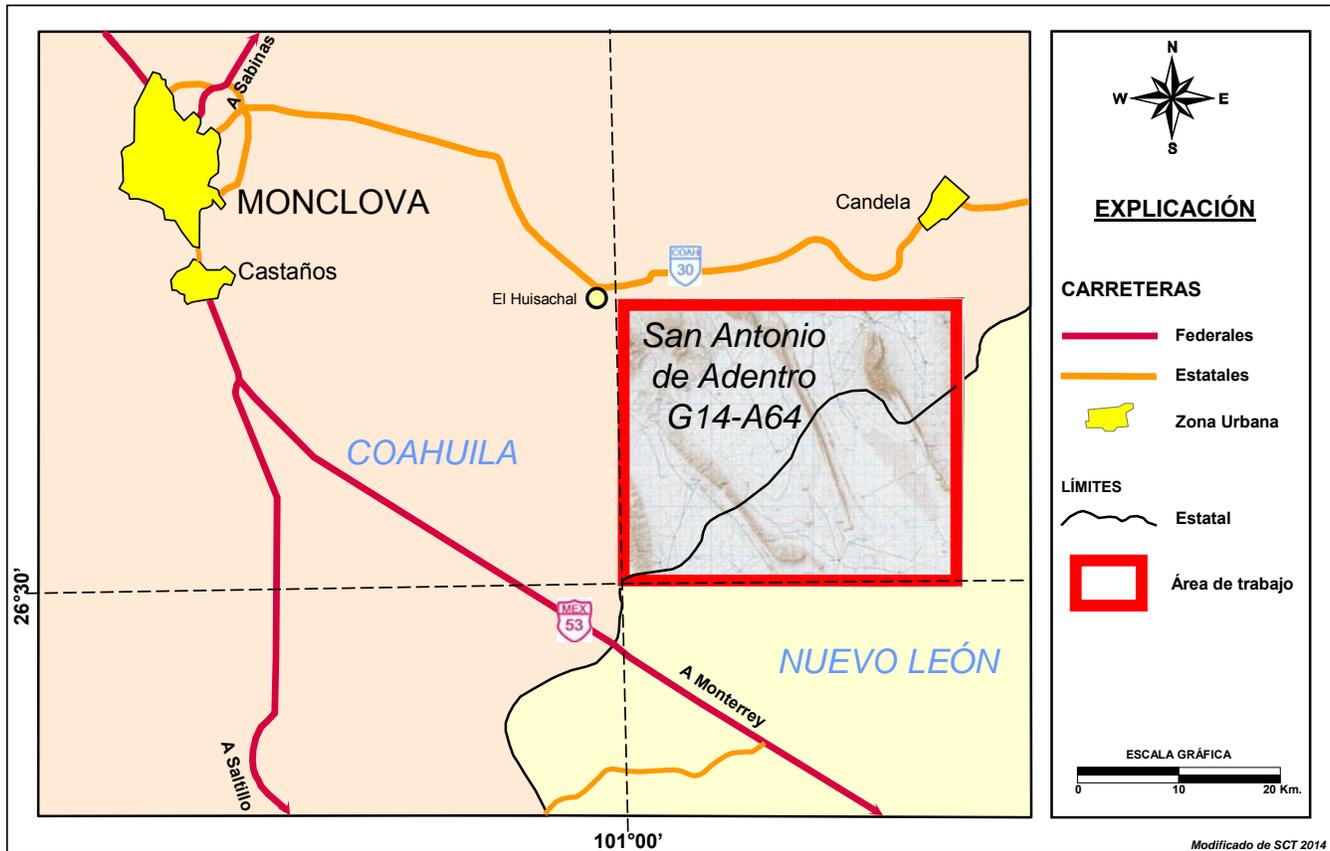


Figura I.2.- Vías de acceso

En cuanto a infraestructura y servicios, se cuenta con lo indispensable en la población más cercana, el municipio de Candela, Coah., donde es posible acceder a hospedaje, alimentación, telefonía y víveres, los servicios bancarios y centros comerciales se encuentran en la ciudad de Monclova.

I.3. FISIOGRAFÍA

La carta San Antonio de Adentro, se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (INEGI 2003), la cual cruza de norte a sur el estado de Coahuila, la constituyen primordialmente secuencias de rocas sedimentarias plegadas. A su vez el área de estudio queda comprendida en los límites de las subprovincias de Sierras y Llanuras Coahuilenses y Pliegues de Saltillo-Parras (**Figura I.3**)

Dentro de la carta, las geoformas principales consisten en sierras delgadas y alargadas con orientación preferencial NW-SE, constituidas por rocas sedimentarias, estas sierras se elevan sobre amplios valles cubiertos de material reciente (arenas y limos) que oculta las estructuras menores.

En la esquina noroeste de la carta sobresalen geoformas semicirculares de drenaje radial que contrastan con las sierras alargadas de drenajes paralelos, lo que denota un cambio litológico, ya que dichas geoformas están constituidas por rocas ígneas de carácter intrusivo.

Las elevaciones dentro de la carta oscilan entre los 480 y 1330 m.s.n.m. la zona más baja se encuentra en la porción noreste de la carta en las inmediaciones de la ranchería San Pedro (Lomas Blancas), la máxima elevación dentro del área de estudio la posee la cima del cerro La Ventana.

Otras estructuras de importancia son el anticlinal de la sierra La ventana y el gran sinclinal conformado por las sierras El Venadito-Los Guajes y la sierra de San Antonio, así como el anticlinal de la sierra El Zapatero.

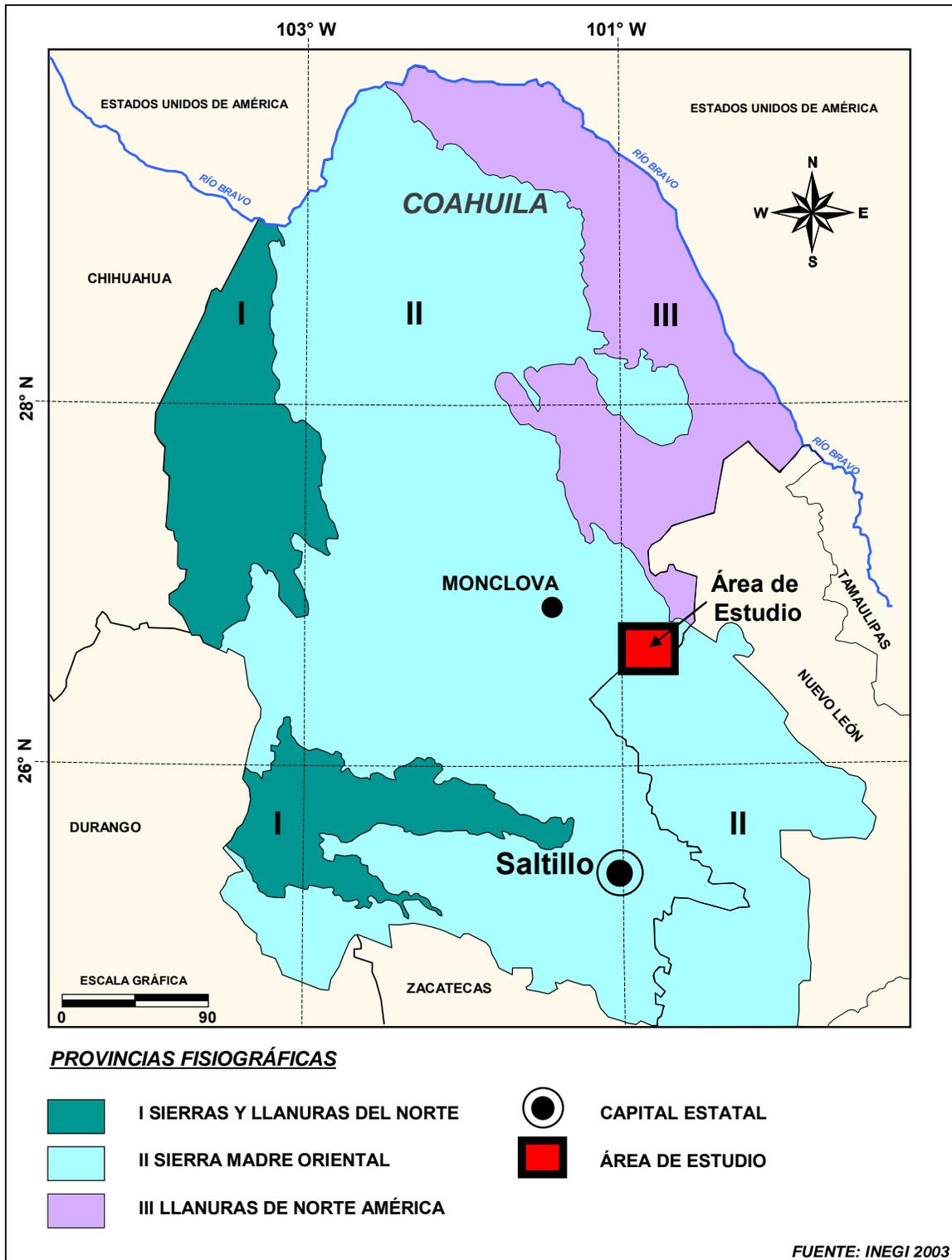


Figura I.3.- Provincias fisiográficas

II. GEOLOGÍA

II.1. MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se ubica dentro de lo que se conoce como terreno tectonoestratigráfico Coahuila según la clasificación Campa U. M. F. y Coney P. J., 1983, (**Figura II.1**) o dentro del terreno Coahuiltecano si se utiliza la clasificación de Sedlock *et al.*, 1993. El límite sur de este terreno está dado por la traza de la falla inferida Mojave-Sonora y al noroeste por el frente de sutura Ouachita-Marathon, que marca la colisión de Gondwana y Laurasia (Pérmico Tardío) (*Chávez-Cabello 2005*)

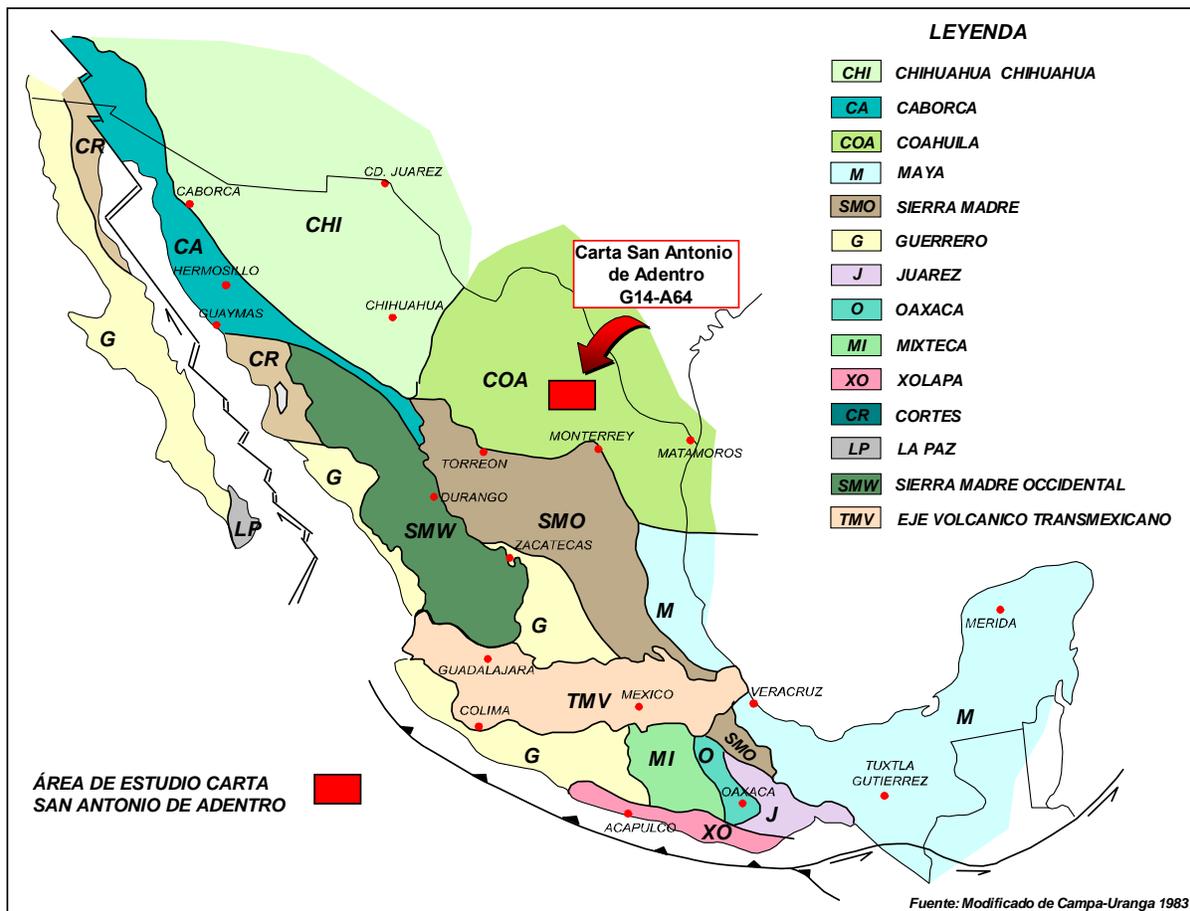


Figura II.1.- Terrenos tectonoestratigráficos

El terreno Coahuila a su vez se subdivide en tres subprovincias a) El Bloque de Coahuila, limitado al sur por la falla Mojave-Sonora y al norte por la falla San Marcos; b) La Cuenca de Sabinas-La Popa o Cinturón Plegado de Coahuila, limitado al sur por la falla San Marcos y al norte por la falla La Babia; y c) Plataforma Burro-Peyotes o Cratón Coahuila-Texas, limitado al sur por la falla La Babia y al oeste y norte por el Cinturón Orogénico Ouachita-Marathon. (*Chávez-Cabello 2005*) (**Figura II.5**)

En el área de la carta afloran en su gran mayoría rocas sedimentarias de edad cretácica, representadas principalmente por caliza, caliza dolomítica, lutita, limolita, arenisca y los depósitos recientes. En la esquina noroeste de la carta aflora también un intrusivo granodiorítico (cerro Pánuco), en forma de stocks que forma parte del cinturón de intrusivos Candela-Monclova que se emplazaron entre 45 y 35 Ma (*Chávez-Cabello 2005*).

Las unidades sedimentarias que afloran dentro del área de estudio, en orden cronológico de la más antigua a la más reciente, son las siguientes: Minas Viejas, Aurora, Kiamichi, Grupo Washita

(Formación Buda), Monclova, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido; el rango de edades va del Jurásico al Cuaternario, aunque la mayoría de las unidades sedimentarias son de edad cretácica.

Las estructuras mayores que pueden observarse dentro del área de estudio tienen una orientación preferencial NW-SE y corresponden a anticlinales como en el caso de la sierra La Ventana y el Zapatero, y sinclinales como los formados por las sierras El Venadito y Los Guajes. **(Figura II.2)**

El potencial minero dentro del área de estudio en cuanto a minerales metálicos está dado principalmente por la mina Pánuco que se encuentra actualmente en reactivación, la mineralización presente corresponde a Cobre y Molibdeno. Existen también yacimientos de tipo “estratoligados” como en el caso de las minas La Reyna y El Alacrán cuya mineralización corresponde a Plomo y Zinc.

De los minerales no metálicos, sobresale la presencia de la estructura sinclinal de la parte central de la carta, que constituye la extensión de la subcuenca carbonífera Adjuntas, donde afloran las unidades sedimentarias más recientes, que llegan a representar zonas altamente prospectivas por carbón, principalmente en aquellas en donde se tiene la presencia de las formaciones Olmos y San Miguel, que son las unidades almacenadoras en la región de los mantos de carbón que actualmente se explotan en la cuenca Sabinas-Monclova. Constituyéndose como una zona prospectiva por carbón y la posible presencia de “gas” asociado.

Otro recurso mineral encontrado, lo constituyen las dolomías que se forman en la caliza arrecifal de la Formación Monclova del Cretácico inferior y que pueden llegar a constituir depósitos de MgO que son explotados para su aprovechamiento en la planta acerera de Altos Hornos de México S.A. Se tienen en la parte oriental de la carta, pequeñas manifestaciones de fosforita de poco interés económico por su reducido espesor y leyes.

II.2. ESTRATIGRAFÍA

La columna estratigráfica está constituida por rocas sedimentarias y rocas ígneas intrusivas, cuyas edades varían del Jurásico superior hasta el Cuaternario. **(Figura II.3)**

Las sedimentarias están integradas principalmente por caliza, lutita, arenisca, dolomía, gravas, boleos, limo y arcilla. Las ígneas intrusivas se presentan como granodiorita, en forma de apófisis, sills y diques.

II.2.1. JURÁSICO

Yeso-Caliza **Formación Minas Viejas (Jo Y-Cz)**

En el año de 1938 R. W. Imlay y Humphrey en 1956, asignaron este nombre a las rocas sedimentarias en el golfo Jurásico de Sabinas que se encuentran aflorando en el anticlinorio llamado Minas Viejas, localizado a 40 km de Monterrey, N. L., compuestas por una secuencia de yeso con intercalaciones de caliza de estratos delgados, de color gris claro y gris pardo, con textura microcristalina con moldes de pelecípodos y paquetes de lutita y arenisca fina, en ocasiones conglomerática.

Esta unidad representa la base de la columna estratigráfica del área. Sus afloramientos se distinguen por la presencia de yeso y se localizan en la porción noreste en una franja alargada desde la sierra La carroza, continuando por su principal afloramiento se encuentra en la localidad conocida como cañada La Bolsa de Judas en la parte central de la hondonada formada por erosión del mismo yeso y continúa hacia el sur en el flanco este de la sierra La Ventana, manifestándose en forma alargada y

SAN ANTONIO DE ADETRO, CLAVE G14-A64.

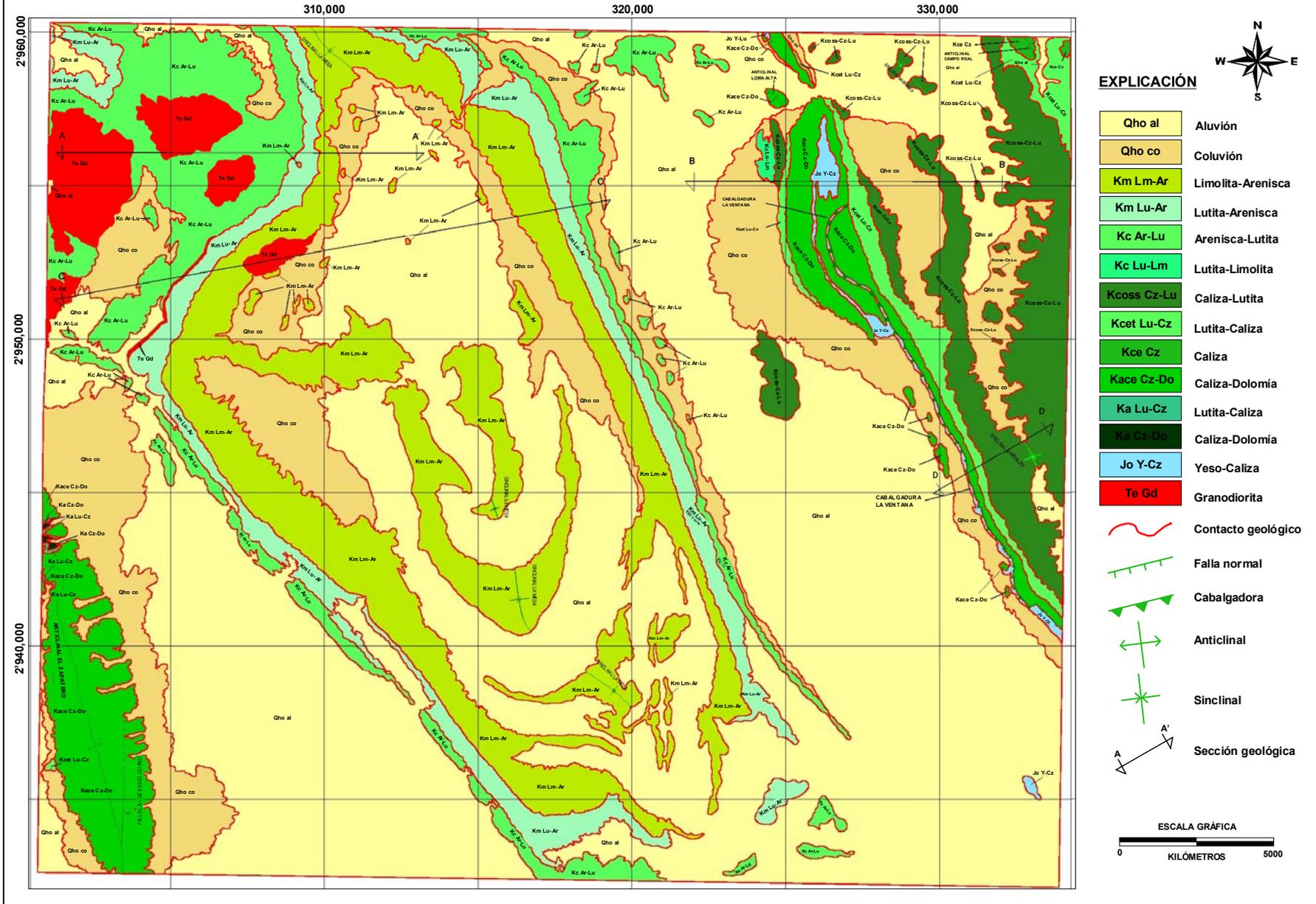


Figura II.2.- Plano geol3gico-estructural

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA CARTA SAN ANTONIO DE ADENTRO G14-A64

EXPLICACIÓN

CUATERNARIO

- Qho al Aluvión
- Qho co Coluvión

CRETÁCICO

- Km Lm-Ar Limolita - Arenisca
- Km Lu-Ar Lutita-Arenisca
- Kc Ar-Lu Arenisca-Lutita
- Kc Lu-Lm Lutita-Limolita
- Kcoss Cz-Lu Caliza - Lutita
- Kcet Lu-Cz Lutita - Caliza
- Kce Cz Caliza
- Kace Cz-Do Caliza-Dolomía
- Ka Lu-Cz Lutita-Caliza
- Ka Cz-Do Caliza-Dolomía

JURÁSICO

- Jo Y-Cz Yeso-Caliza

ROCAS INTRUSIVAS

- Te Gd Granodiorita

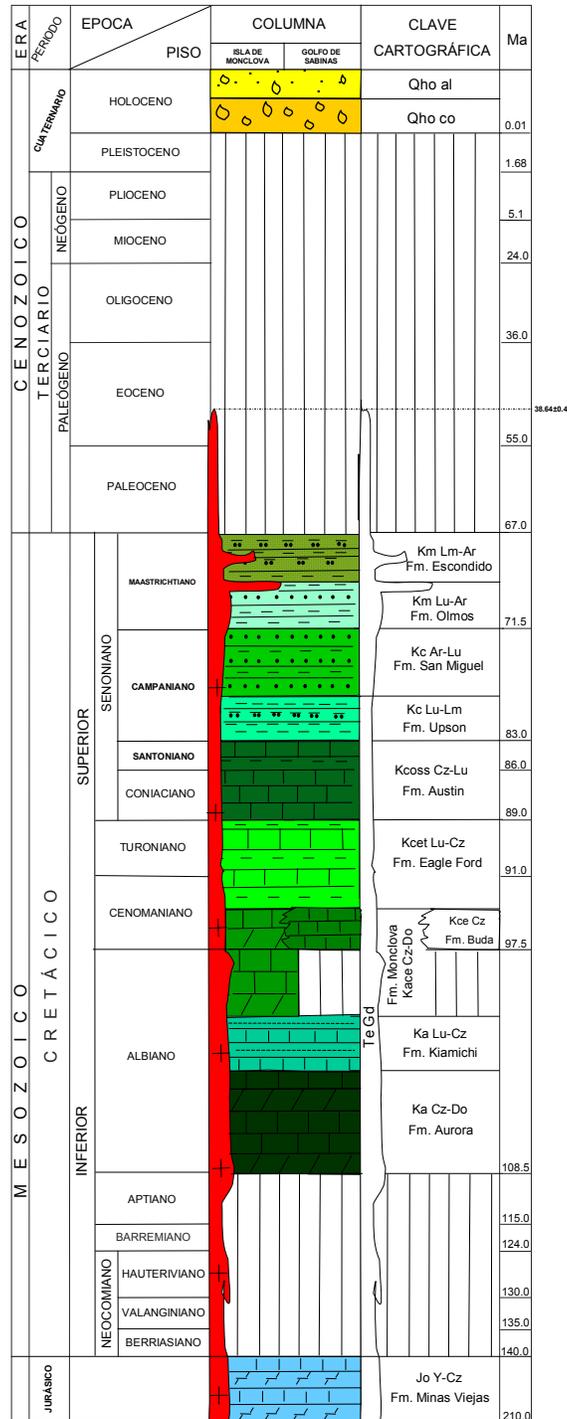
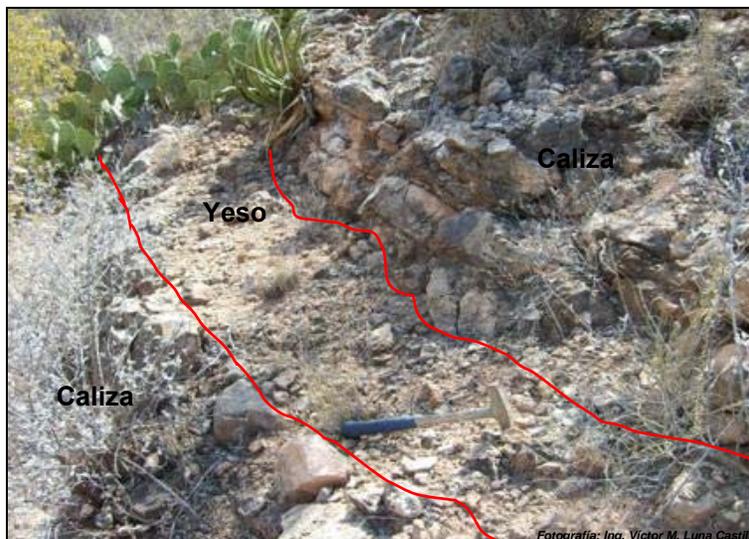


Figura II.3.- Columna estratigráfica

delgada, cabalgando sobre la Formación Monclova en forma de diapiro. Un afloramiento aislado dentro del aluvión se encuentra en forma de diapiro en la esquina sureste conocida como Loma Prieta, La edad que le asigna es del Oxfordiano.

En el área está compuesta por yeso de color blanco, que intemperiza en color castaño claro. Se presentan intercalaciones de caliza en capas delgadas de color gris claro. **(Fotografía II.1).**



Fotografía II.1. Afloramiento Formación Minas Viejas (Jo Y-Cz). Se observan paquetes delgados de caliza, alternando con paquetes de yeso. Se encuentra en la Cañada la Bolsa de Judas.

Su contacto inferior no se observa en la carta y el superior es discordante con la Formación Monclova, es correlacionable con la parte baja de la Formación Zuloaga del norte de Zacatecas, sur de Coahuila y norte de San Luis Potosí. También aflora en la misma forma hacia el norte en el flanco oeste de la sierra La Carroza.

En la carta la Formación Minas Viejas aflora por fallas inversas y/o cabalgaduras y por diapiros de yeso. El espesor es variable, pero se considera su mayor potencial alrededor de los 50 m, en la parte central de la cañada Bolsa de Judas.

Con base en las condiciones geológicas y litologías se considera que el ambiente de depósito es de plataforma evaporítica con circulación de agua marina restringida. La presencia de esta formación en la cañada La Bolsa de Judas se relaciona a los esfuerzos finales de la orogenia Laramide.

No se ha reportado algún uso económico de esta unidad en el área que cubre la carta, pero por antecedentes bibliográficos el yeso de esta formación se ha explotado en el potrero Minas Viejas, en la cuenca de La Popa y en Potrerillos (localidades fuera de la carta).

II.2.2. CRETÁCICO INFERIOR

Caliza-Dolomía **Formación Aurora (Ka Cz-Do)**

Fue definida por Burrows R. H., 1910 (en López R. E., 1979), dando el nombre de Formación Aurora a una secuencia predominantemente calcárea, cuya localidad tipo se ubica en la sierra de Cuchillo Parado al noreste del estado de Chihuahua. Humphrey W. E. y Díaz, 1956 (en López R. E., 1979), proponen incluir dentro de este término formacional a todas las facies calcáreas del noreste de

México, comprendidas entre la Formación La Peña y sus equivalentes abajo y la Formación Cuesta del Cura con sus equivalentes Kiamichi y el Grupo Washita arriba.

Su único afloramiento se localiza en la porción suroeste de la carta, en las márgenes de la cañada El Mimbres que bordea la porción sureste de la sierra La Gloria. Este afloramiento está expuesto por erosión.

La unidad está constituida por caliza de color gris claro de estratificación mediana a masiva con espesor de 0.80 a 1.10 m, con textura mudstone-wackestone, contiene horizontes de caliza dolomítica, presenta nódulos de pedernal, estilolitas paralelas a la estratificación y fósiles.

La formación no está totalmente expuesta, su espesor en la carta es de 50 m, y varía de 100 a 400 m en localidades cercanas colindantes. Su contacto inferior no aflora y el superior es concordante con la Formación Kiamichi. Con base en su contenido faunístico y posición estratigráfica, se le asigna edad del Albiano inferior a medio. Se correlaciona con la Formación Acatita en la plataforma de Coahuila.

De acuerdo a la litología y contenido faunístico se sugiere un depósito de ambiente nerítico de aguas tranquilas someras. Esta formación cambia lateralmente de facies hacia el oeste dentro de la plataforma de Coahuila, con la Formación Acatita. (*Humphrey, 1956; en López R. E., 1979*).

La unidad calcárea Aurora contiene en algunas zonas concentraciones de dolomía.

Lutita-Caliza **Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz)**

La Formación Kiamichi se definió originalmente como Arcillas Kiamita 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 marga y caliza arcillosa. Imlay (1944), (*en Barbosa L. D., 2000*), considera que la unidad formada por sedimentos arcillo-calcáreos de estratificación delgada con la amonita *Oxytropidoceras* que aflora en el norte de los estados de Nuevo León, Coahuila y oriente de Chihuahua, ocupa la misma posición estratigráfica que la lutita Kiamichi de Texas.

Esta unidad está aflorando en el flanco sureste de la sierra La Gloria, localmente en las márgenes de la cañada El Mimbres. Otros afloramientos se localizan en el flanco oeste de la porción sureste de la sierra La Gloria ubicada en el límite oeste de la carta. Consiste de una secuencia de lutita, y caliza de forma lajosa, cuyos estratos tienen espesor de 0.005 a 0.01 m, la formación tiene espesor que varía entre 40 y 50 m.

La Formación Kiamichi sobreyace a la Formación Aurora y subyace a la caliza Monclova en la isla del mismo nombre, y a la Formación Georgetown en el golfo de Sabinas. Ambos contactos son concordantes.

Con base en su posición estratigráfica y su contenido faunístico se le ha asignado 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.

En lo que se refiere al aspecto minero no se conoce en la región el aprovechamiento de esta unidad, debido a su espesor variable y contenido arcilloso de la misma.

Caliza-Dolomía **Formación Monclova (Kace Cz-Do)**

La Formación Monclova, fue propuesta por Humphrey (1956), como un grueso desarrollo de banco de rudistas y depósitos de edad Albiano superior. La localidad tipo está situada en la parte norte de la culminación de la sierra La Gloria, aproximadamente a 11 km al sureste de la ciudad de Monclova, Coahuila.

Está aflorando en la porción sureste de la sierra La Gloria, conocida como sierra El Zapatero, esta formación cambia de facies al poniente al Grupo Washita.

Un afloramiento importante, tal vez por ser el último ubicado hacia el este de la isla de Monclova, se encuentra formando el pliegue truncado de la sierra La Ventana, al noreste de la carta. Es un afloramiento de forma alargada de aproximadamente 0.4 km de ancho, aunque en la cañada La Bolsa de Judas llega a medir hasta 3 km. (**Fotografía II.2.**)



Fotografía II.2. Caliza de la Formación Monclova (Kace Cz-Do), en el flanco este de la sierra La Ventana, en los alrededores de la mina El Alce. Las capas son casi verticales en éste punto. Visual al oeste.

La formación consiste de caliza de color gris claro, está formada por estratos gruesos y masivos, revueltos con fragmentos de rudistas y nerineas quebrados y otros gasterópodos. La caliza está enteramente recristalizada y dolomitizada, en sección está constituida por gruesos cristales de calcita. El espesor aproximado es de 500 a 600 m, en la porción central de la sierra La Gloria y en la sierra El Zapatero, por diferencia de elevación se considera que tiene alrededor de 150 m,. en tanto que en la sierra la ventana debido a la repetición de capas no ha sido posible medir su espesor.

La caliza Monclova descansa concordantemente sobre la Formación Kiamichi. Su contacto superior con la Formación Eagle Ford es concordante. Por su posición estratigráfica la Formación Monclova se correlaciona con el Grupo Washita y se le asigna edad del Albiano al Cenomaniano. Se correlaciona en parte con la caliza Devils River de Trans-Pecos, Texas y la parte superior de la Formación Cuesta del Cura.

Por sus características litológicas y conjuntos faunísticos refleja un depósito propio de ambiente de plataforma interna estable (paleoisla Monclova), con períodos de alta y baja energía en aguas someras.

Unidad estratigráfica de importancia en la región de Monclova, debido a sus concentraciones de dolomía. Es la principal unidad en la que se desarrollan bancos de material con las condiciones requeridas por las plantas de AHMSA, en la industria del acero.

II.2.3. CRETÁCICO SUPERIOR

Caliza **Formación Buda (Kce Cz)**

Llamada inicialmente Caliza Burnt y Caliza Bola (*Adkins, 1933*), Hill en 1889, utilizó el término “Shoal Creek” y finalmente Vaughan (*Humphrey W. E., 1956 p. 413*), los reemplazó por el término de Formación Buda en 1900 (*en Santiago C. B., et al., 2001*).

En la carta esta formación aflora solamente en la esquina noreste de la misma al norte de Campo Real.

Está constituida por una intercalación de caliza de textura mudstone a wackestone de color gris claro y oscuro, de estratos delgados a medianos, con delgadas intercalaciones de caliza arcillosa y lutita, es de color gris claro y de color pardo al intemperismo. Con espesor que varía de 30 a 65 m.

Se encuentra subyaciendo en forma concordante a la Formación Eagle Ford y sobreyace en el límite fuera de la carta concordantemente a la Formación Del Río.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico de la *Amonita Budaiceras*, *Spathis Mantelliceratan* y otros moluscos como *Pecten Roemeri_Hill*, *Exogyra Clarki Shattuck* (*Humphrey op. Cit. Pag. 418., en López R. E., 1979*), se le asigna edad del Cenomaniano superior. Se correlaciona con parte de las formaciones Cuesta del Cura, Indidura y Monclova (*en Barbosa L. D., 2000*).

Con base en el 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.

Tomando en cuenta su espesor y características físicas se ha utilizado solamente como revestimiento de caminos.

Lutita-Caliza **Formación Eagle Ford (Kcet Lu-Cz)**

Roemer, (1852), mencionó los sedimentos de la lutita negra Eagle Ford, en estudios realizados en la región Brautes. Posteriormente Hill en 1887, colocó dichos estratos en la base de las series del Golfo. La localidad tipo está 90 km al oeste de Eagle Ford, condado de Dallas. (*En Santiago C. B., 2001*).

En la carta aflora circundando principalmente a la sierra La Ventana en la porción noreste de la carta. Un pequeño afloramiento se encuentra en la esquina suroeste en la falda oeste de la sierra El Zapatero.

Consiste en estratos delgados de caliza arcillosa de color gris claro que intemperiza a color pardo amarillento, interestratificada con lutita calcárea de color gris oscuro que intemperiza a color ocre, hacia su cima presenta una facies de lutita de color gris, que intemperiza de pardo oscuro a color blanquecino. Contiene el fósil índice *Inoceramus Labiatus*. El espesor medio para esta formación es de 120 a 150 m.

Un estudio petrográfico realizado en la carta Estación Baján, se describe lo siguiente: Microscópicamente es una roca sedimentaria calcárea, color gris oscuro, estructura compacta, y masiva; clasificada como mudstone. La caliza contiene foraminíferos del grupo de los globigerínidos;

como componente principal se presenta calcita y como secundarios calcita y hematita.

El contacto inferior de esta formación con la Formación Buda del Grupo Washita, es concordante, en la porción noreste de la carta; en tanto que en la porción norte de la sierra La Ventana el contacto inferior es concordante con la Formación Monclova y el contacto superior es concordante y transicional, con la Formación Austin. Es cubierta discordantemente por el coluvión y aluvión del Cuaternario.

Por su contenido faunístico y posición estratigráfica se le asigna edad del Cenomaniano al Turoniano. Se correlaciona con la Formación Agua Nueva y hacia la plataforma de Coahuila cambia de facies a la Formación Indidura.

Dadas sus características litológicas y fosilíferas se considera que se depositó en mares abiertos, no muy profundos, en ambiente reductor y aportación de terrígenos finos derivados de áreas continentales.

Esta unidad se ha estado utilizando en la construcción de casas como material de recubrimiento de fachadas y pisos.

Caliza-Lutita **Formación Austin (Kcoss Cz-Lu)**

El nombre de "Caliza Austin" fue usado por primera vez por Shumard, (1860). La localidad tipo está en la ciudad de Austin, Texas. *(En Barbosa L. D., 2000)*

Se encuentra aflorando hacia la esquina noreste de la carta, en el valle, al este de la sierra La Ventana, formando lomeríos aislados cubiertos por aluvión o coluvión (localidades de San Pedro y Barriales). Un afloramiento se ubica en el flanco noroeste de la sierra La Ventana, al suroeste de La Carroza, otro en los alrededores del rancho La Luz.

La Formación Austin, consiste de estratos alternados de caliza arcillosa de color gris que intemperiza a pardusco u ocre, con lutita de color gris claro que intemperiza a pardo amarillento. La caliza se presenta en fragmentos de diferentes tamaños en forma de ovoides. Su espesor es de aproximadamente 100 m. **(Fotografía II.3.)**



Fotografía II.3. Formación Austin (Kcoss Cz-Lu). La caracteriza su estructura en forma de lascas alargadas y redondeadas. Porción noreste del área de estudio.

Su contacto inferior con la Formación Eagle Ford, es concordante y transicional, y subyace a la Formación Upson, de forma concordante. Es cubierto discordantemente por coluvión y aluvión del Cuaternario.

Por su posición estratigráfica y por sus fósiles índices *Inoceramus undulaticus*, Roemer y la *Baculites sp.*; se le asigna edad del Coniaciano-Santoniano. Humphrey W. E., 1956, la correlaciona con las formaciones San Felipe, Ojinaga y Parras.

El depósito de los sedimentos se supone fue en un ambiente nerítico de aguas poco profundas con aporte de terrígenos.

Al igual que la Formación Eagle Ford, se ha estado utilizando para recubrir pisos o fachadas en la construcción de casas.

Lutita-Limolita **Formación Upson (Kc Lu-Lm)**

La Formación Upson, fue definida por E. Dumble en 1892 (*en Barbosa L. D., 2000*) y su localidad tipo se encuentra en el condado de Maverick, Texas, en la oficina postal de Upson. Se le llama así a una secuencia de limolita calcárea, lutita calcárea y caliza laminar arcillosa.

En la carta esta formación solamente se encuentra aflorando al suroeste del rancho La Carroza. En el flanco noroeste de la sierra La Ventana.

Consiste principalmente en su parte inferior de limolita calcárea, gris claro y oscuro, en su parte superior de lutita calcárea y lentes de caliza laminar arcillosa deleznable con esporádica y delgada interestratificación de arenisca calcárea, es difícil determinar los planos de estratificación, por su contenido de arcillas, también se le llama Arcilla Upson. Su espesor en la carta es de alrededor de 50 m, aunque se le han medido, en otras localidades, espesores de 200 a 400 m.

El contacto inferior con la Formación Austin es concordante, y el superior también con la Formación San Miguel. Por su posición estratigráfica y por medio del estudio de foraminíferos (*Steven K. Fox*), se le asigna edad del Campaniano inferior. Se correlaciona con el Grupo Taylor que aflora en Texas y con la parte inferior de la Formación Méndez que aflora en Nuevo León. (*En Barbosa L. D., 2000*).

El depósito de la Formación Upson, fue en mares someros con sedimentación calcáreo-arcillosa y calcáreo-arenosa. Por la presencia de foraminíferos, se revelan estratos marinos depositados en mares abiertos, con buena circulación y profundidad (*Steven K. Fox*) (*En Barbosa L. D., 2000*).

En la región esta unidad se ha explotado con el fin de utilizarse como revestimiento de caminos y en algunos casos las zonas de arenisca se han usado como material de pisos y fachadas.

Arenisca-Lutita **Formación San Miguel (Kc Ar-Lu)**

La Formación San Miguel fue definida por E.T. Dumble (1892) y la sección tipo fue reportada por Adkins (1932). Se encuentra en el antiguo rancho San Miguel sobre el río Bravo al norte de El Paso, Texas (*en Santiago C. B., et al., 2001*).

Dentro de la carta aflora principalmente en la periferia del sinclinal La Mesa, o parte sur de la cuenca de Adjuntas, ubicado en el centro de la carta. También se encuentra en los alrededores de los intrusivos ubicados en la esquina noroeste de la carta.

Consiste de cuerpos de arenisca de color gris a gris verdoso y pardo, con intercalaciones de limolita y

lutita laminar. Consta de 5 unidades o miembros y estos han sido estudiados debido a su importancia económica ya que contienen yacimientos de carbón. Estos miembros se describen brevemente a continuación:

- 1.- Concreciones calcáreas mudstone fosilíferas.
- 2.- Parte inferior de limolita a veces sin estratificación.
- 3.- Parte superior de limolita con arena muy fina son resistentes a la erosión y en ocasiones afloran.
- 4.- Conglomerado de poca resistencia generalmente con limolita compacta.
- 5.- Arenisca gris claro con estratificación cruzada de grano fino a medio, mal clasificada cambiando lateralmente a limolita sin estratificación.

Su espesor promedio es aproximadamente de 260 m, aunque es variable.

Una descripción petrográfica se realizó en la carta Estación Baján, con la siguiente descripción microscópica: roca sedimentaria terrígena, gris claro, compacta, masiva; fragmentaria; microtextura de la roca clástica de grano muy fino; mineralogía: cuarzo, feldespato, mineral arcilloso, calcita y óxidos de hierro. Componentes principales, cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico; secundarios illita, sericita, calcita y clorita.

Se encuentra sobreyaciendo concordantemente y transicionalmente a la Formación Upson y subyace concordante y transicional a la Formación Olmos. Por su posición estratigráfica y su contenido fosilífero se le asignó edad Campaniano superior. Imlay reporta, *Ostrea Saltillensis* (en Santiago C. B., et al., 2001). Se correlaciona con la parte inferior de la Formación Méndez.

Al final del Campaniano al retirarse los mares se desarrolló un ambiente litoral o nerítico cercano a la costa, esto queda comprobado por la litología y la presencia de estratificación cruzada. La arenisca gris clara o verdosa indica un ambiente de depósito litoral, formado durante la regresión marina del Campaniano.

Debido a su alternancia de arcilla y arenisca no se ha explotado como material de revestimiento de caminos, solamente en algunos casos las zonas de arenisca como material de construcción.

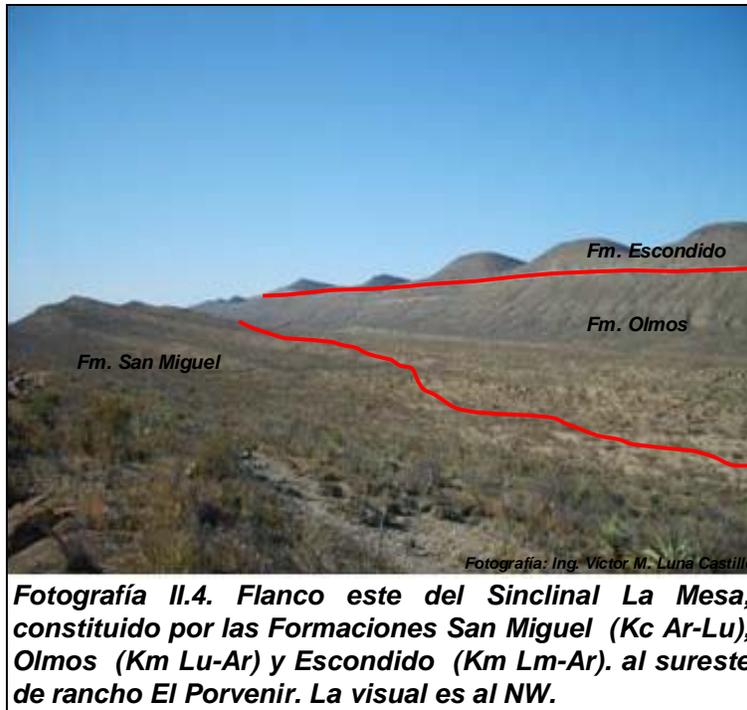
Lutita-Arenisca **Formación Olmos (Km Lu-Ar)**

Las capas de la Formación Olmos fueron llamadas "Series de Carbón" por E. T. Dumble (1892). Stephenson (1927), definió a las capas de la Formación Olmos, en la estación de Olmos, condado de Maverick. La localidad tipo está compuesta de lutita gris verdosa y arcilla arenosa con algunas capas de arenisca gris verdosa, fina y gruesa, además de capas de lignito y de carbón. (en Santiago C. B., 2001).

La Formación Olmos se encuentra aflorando en la porción central de la carta, en la parte que circunda el sinclinal La Mesa. **(Fotografía II.4).**

Estudios hechos por diversos autores en la región de Sabinas, Coahuila han definido cinco miembros de la Formación Olmos, los cuales es difícil diferenciar debido al marcado carácter lenticular de estos. De la base a la cima son:

Miembro 1.- Es un miembro predominante arcilloso y suave que presenta un doble manto de carbón y otras capas carbonosas hacia arriba. Su espesor es de 36 m.



Miembro 2.- Esta unidad puede ser reconocida en cualquier sección aún cuando sus características pueden variar. Está constituida por arenisca de estratificación cruzada, de grano fino a medio, con estratos medianos a gruesos de color claro, pueden presentar limolita y lodolita interestratificadas, así como gasterópodos y madera fósil. Este miembro es importante por su carácter índice debido a sus componentes, ya que es más resistente al intemperismo y está bien expuesto. En el rancho El Cedral presenta 86 m de espesor.

Miembro 3.- Tiene espesor de 31 m medido en la sección en el rancho El Cedral y está constituido por limolita masiva, sin embargo, casi no es posible observarlo por ser fácilmente erosionable.

Miembro 4.- Tiene 148 m de espesor en el rancho El Cedral y consiste de arenisca de grano grueso que gradúa a limolita y lodolita. Este miembro puede presentar carbón en las capas de limolita.

Miembro 5.- Está compuesto por limolita y lodolita masivas y algo de limolita y arenisca de estratificación delgada. Tiene espesor de 80 m.

En la carta, no se han diferenciado los diferentes miembros, todo se ha considerado como una unidad. La Formación Olmos sobryace a la Formación San Miguel y subyace a la Formación Escondido, ambos contactos son concordantes y transicionales.

Se ha encontrado fósiles en esta formación, como las amonitas *Sphenodiscus sp.* y *Exogyra costata* que nos indica una edad que corresponde al Maastrichtiano.

Se correlaciona con la parte inferior del Grupo Navarro y con la parte superior de la Formación Méndez de la región de Tampico, Tamaulipas.

Se supone que estos sedimentos fueron depositados en un ambiente marino de delta con circulación restringida.

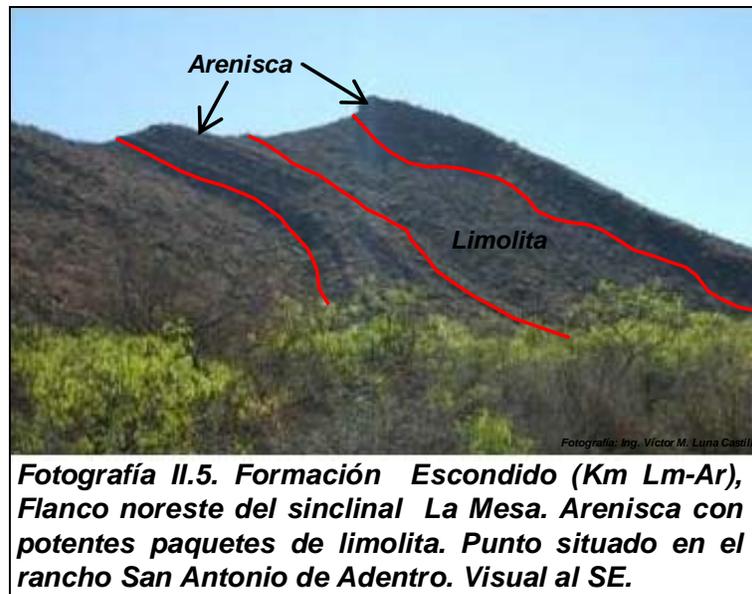
La base de esta unidad es la que aloja los principales yacimientos de carbón de la región carbonífera

de Coahuila.

Limolita-Arenisca **Formación Escondido (Km Lm-Ar)**

Definida por Dumble en 1892, (en López R. E. 1979), como un conjunto calcáreo-arcilloso y calcáreo arenoso de edad Cretácico superior, cuya localidad tipo se encuentra a lo largo del río Escondido, aproximadamente a 90 km, al sur de la ciudad de Piedras Negras, Coah.

Aflora principalmente al centro de la carta, constituyendo el núcleo del sinclinal La Mesa. (**Fotografía II.5.**)



De acuerdo a su litología, en la localidad tipo, esta formación ha sido dividida en 7 miembros los cuales se describen también en forma breve:

- a). Parte basal o inferior compuesta por limolita y lutita con lentes calcáreos pequeños, que aumentan en número, espesor y longitud hacia arriba de la sección, hasta formar capas delgadas de 0.05 m de espesor. Con espesor de 53.00 m.
- b). Este miembro presenta arenisca de color gris claro de grano medio a grueso, con espesor de 31.00 m
- c). Compuesta por lutita de color gris claro con espesor de 54.00 m.
- d). Constituido por arenisca de color gris claro de grano fino con espesor de 40.00 m.
- e). Miembro formado por lutita de color gris claro a pardo con espesor de 35.00 m.
- f). Este paquete está formado por arenisca de textura de grano medio a grueso con espesor de 9.00 m.
- g). Finalmente este miembro que se ubica en la parte superior de la Formación Escondido, está formado por material arcilloso (arenillas) de color pardo rojizo con espesor de 31.00 m.

En la carta aflora con espesor promedio de 200 m, sobreyace a la Formación Olmos en forma

concordante y transicional y le sobreyacen discordantemente los depósitos de coluvión (**Qho co**) y aluvión del Cuaternario (**Qho al**).

Tomando en cuenta su posición estratigráfica se le asignó edad de final del Maastrichtiano, y se considera que es equivalente a la parte superior del Grupo Navarro, que aflora en el estado de Texas. (López R. E., 1979). De acuerdo a sus características litológicas se infiere que se formó en un ambiente donde rigieron condiciones marinas neríticas y al término de estas condiciones finalizó la sedimentación.

Debido a su naturaleza arcillosa con intercalaciones de arenisca, solamente se ha utilizado como revestimiento de caminos.

II.2.4. CUATERNARIO

Coluvión (Qho co)

Aflora en la periferia de las sierras El Zapatero y La Ventana, también en los flancos interior y exterior del sinclinal La Mesa.

La composición del coluvión comprende clastos, arenas y algunas gravas, arrastradas por las crecientes en temporada de lluvias. Los clastos generalmente son de redondeados a subredondeados sin clasificar ni cementar. La composición de los clastos es calcárea principalmente, conteniendo algunos fragmentos de arenisca y roca intrusiva. Se encuentra predominantemente abundante suelo y arcilla en este tipo de depósito. Presenta un espesor de hasta 20 m.

Sobreyace en discordancia a las rocas del Cretácico superior, así como también, subyace al aluvión del Cuaternario. Son depósitos de edad reciente, anteriores al aluvión.

Unidad con poca utilidad para la construcción, debido a su alto contenido de materiales finos. Pero es de gran utilidad en la siembra de pastizales para el ganado.

Aluvión (Qho al)

Se define con el término de aluvión al sedimento de origen fluvial, compuesto de grava y arena en depósitos frecuentemente lenticulares; la fracción fina está compuesta por arcilla y limo, (ésta abunda en las zonas de inundación o planicies), considerándose como el evento más joven que está actuando.

Aflora extensamente en toda la porción centro de la carta (porción centro del sinclinal La Mesa), También en las porciones suroeste y noreste de la carta en las zonas que forman las superficies de inundación de la región.

Los clastos generalmente son de redondeados a subredondeados sin clasificar ni cementar. La composición de los clastos es de origen sedimentario, de composición calcárea principalmente, conteniendo algunos fragmentos de arenisca y roca intrusiva. Presenta un espesor de hasta 30.00 m en el centro de los valles.

Sobreyace en discordancia a las rocas del Cretácico superior así como también, sobreyace al coluvión del Cuaternario. Son depósitos de edad reciente, los cuales se considera que aún están desarrollándose.

Constituye una fuente de materiales para la construcción, aportando gran cantidad de grava y arena.

II.2.5. ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Granodiorita (Te Gd)

Se presenta como apófisis y diques, se encuentran aflorando en la esquina noroeste de la carta, en el cerro Pánuco y sus alrededores. (**Fotografía II.6**)



Fotografía II.6.- Intrusivo de composición granodiorítica en las inmediaciones del cerro

Megascópicamente es de color oscuro o gris negruzco, de textura fanerítica (holocristalina), con transición a porfídica, los minerales que se observan son: plagioclasa, cuarzo, hornblenda y como accesorio mica (biotita). Microscópicamente se tiene como mineral esencial a la plagioclasa sódica y en menor proporción cuarzo, como accesorios a la hornblenda, moscovita, granate, hematita, y como secundarios sericita, calcita, clorita, limolita y minerales arcillosos.

Las apófisis que se encuentran en la carta, afectan a la columna estratigráfica, desde la caliza y lutita del Cretácico inferior, hasta la litología de la Formación Escondido del Cretácico superior.

En la tesis doctoral de Chávez-Cabello del 2005 se menciona que la edad de emplazamiento de los cuerpos que componen al cinturón de intrusivos Candela-Monclova (**CICM**) al que pertenece esta unidad, ocurrió entre los 45 y los 35 Ma.

En 1992 el entonces Consejo de Recursos Minerales, elaboró la carta geológica minera Estación Baján, escala 1:50,000 en donde reporta una muestra para datación isotópica en las coordenadas geográficas 26° 42' 32.3" latitud norte y 100° 59' 22.1" longitud oeste, correspondiente al intrusivo Pánuco. Se analizó por el método $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ en laboratorio USGS, utilizando la biotita como termómetro, dando como resultado la edad de 38.64 ± 0.04 , ubicado dentro del Eoceno.

Se consideran como producto de las últimas pulsaciones de la orogenia Laramide. Esta orogenia

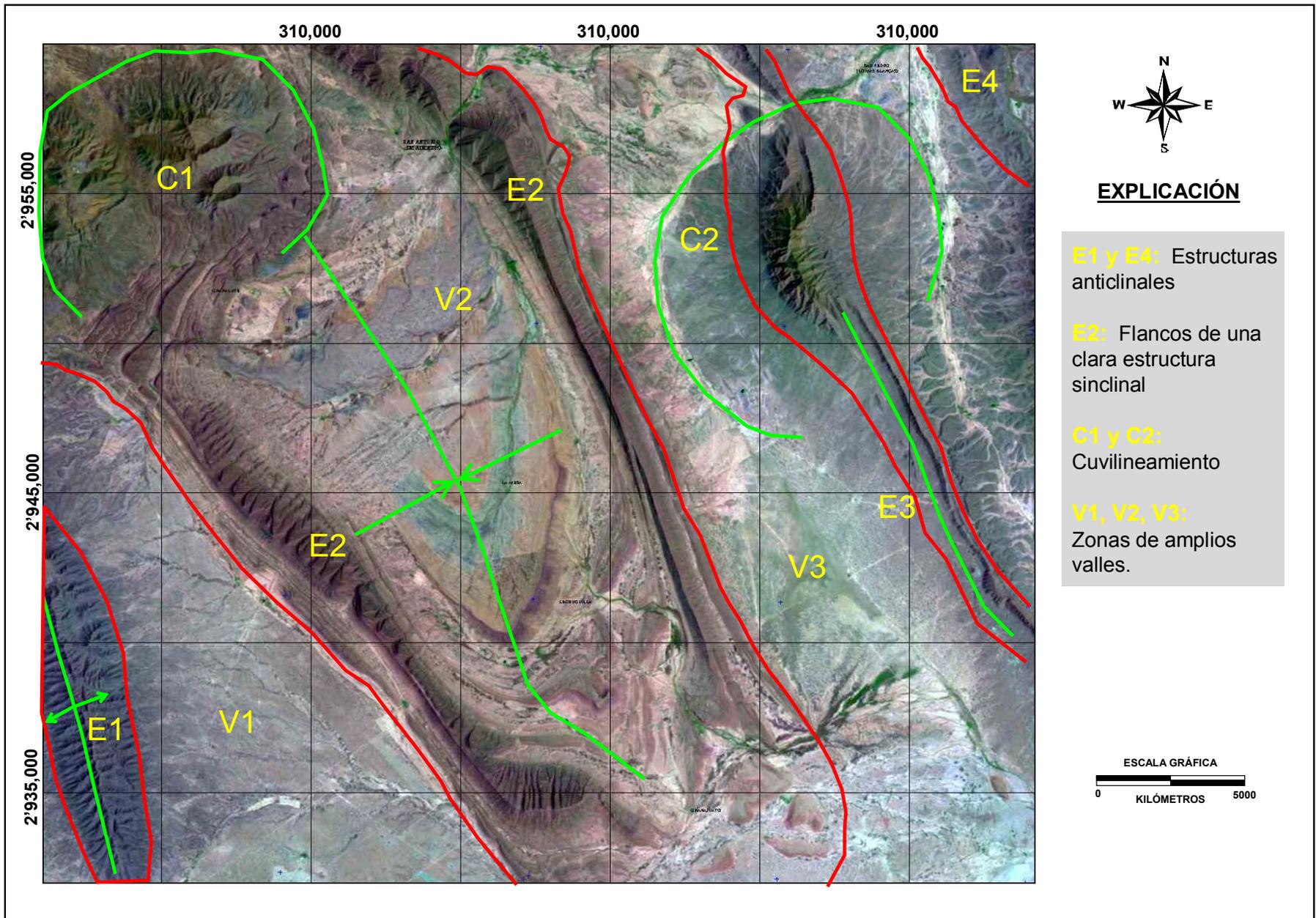
originó un proceso magmático que produjo el emplazamiento de una serie de intrusivos de composición granodiorita con diferenciación a cuarzomonzonita, diorita y sienita.

Dentro de esta unidad se han explotado y se siguen evaluando yacimientos de cobre–molibdeno en la zona del cerro Pánuco, lo que se describirá a mayor detalle en el capítulo de yacimientos minerales.

II.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

II.3.1. DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS

Producto de la interacción entre la placa Farallón y la placa de Norteamérica, tiene lugar desde el Cretácico Superior al Terciario Inferior el evento tectónico de acortamiento conocido como orogenia Laramide, la deformación producida por dicho fenómeno en el noreste del país se manifiesta principalmente como plegamiento y cabalgamiento en la corteza superior con dirección de transporte predominante hacia el este-noreste (*Cerca-Martínez et al 2004*). La deformación Laramide es el evento de acortamiento más joven, y sobrepuesta a esta deformación sólo se reconocen estructuras asociadas a tectónica lateral y extensional (*Cuellar-Cárdenas et al 2012*). En el área de estudio producto de dicho evento tectónico se tienen tanto pliegues como cabalgaduras con rumbo general NNW. En de la imagen de satélite (landsat) se puede realizar la interpretación de las estructuras presentes, en dicha imagen se observa de manera evidente que la estructura principal, que abarca un gran porcentaje del área, corresponde a una estructura de tipo sinclinal con eje de rumbo general NW-SE, el cual se ve interrumpido en la esquina noroeste por el curvilineamiento que corresponde al cuerpo intrusivo del cerro Pánuco, en la esquina suroeste se tiene la estructura de tipo anticlinal formado por la sierra El Zapatero que continua en dirección noroeste fuera de la carta. Se tiene en el cuadrante noreste del área, un segundo curvilineamiento sobre la sierra La Ventana, el cual es producto de un diapiro de yeso que afecta a las rocas de la secuencia cretácica. La sierra La Ventana se prolonga hacia la esquina sureste y corresponde a la cabalgadura del mismo nombre. (**Figura II.4**)



EXPLICACIÓN

- E1 y E4:** Estructuras anticlinales
- E2:** Flancos de una clara estructura sinclinal
- C1 y C2:** Cuvilineamiento
- V1, V2, V3:** Zonas de amplios valles.

Figura II.4.- Interpretación de la imagen de satélite

II.3.1.1. DEFORMACIÓN DUCTIL-FRÁGIL

Este tipo de deformación en la región se origina por efecto de la orogenia Laramide producto de la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica, desde finales del Cretácico hasta el Eoceno.

Pliegues

Dentro del área que cubre la carta San Antonio de Adentro, se reconocieron estructuras plegadas, de rumbo general al noroeste, las cuales se describen a continuación:

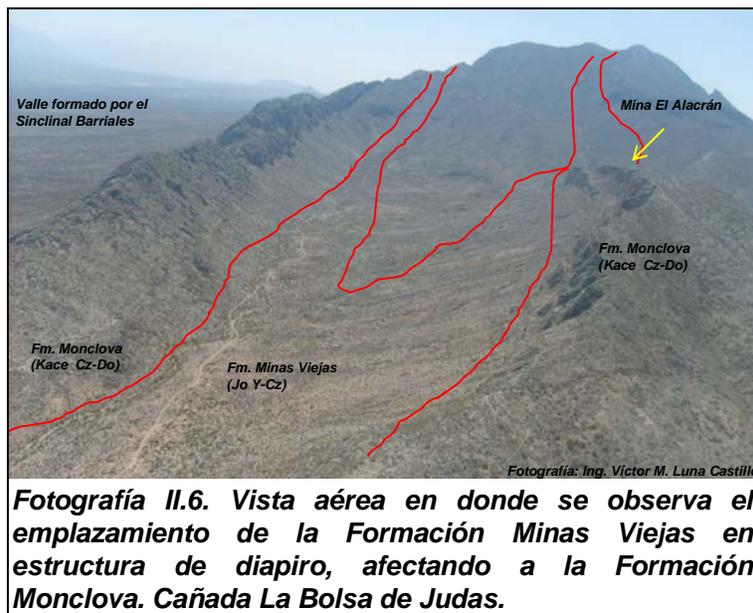
Anticlinal El Zapatero.- Se localiza en la porción suroeste de la carta, en el área correspondiente a la sierra El Zapatero. El rumbo general del eje de la estructura es N 15° W y longitud aproximada de 11 km. En la parte central se encuentran rocas de la Formación Monclova, en el flanco noreste, en la cañada llamada El Mimbres se encuentran rocas de las formaciones Kiamichi y Aurora que afloran por erosión. En el flanco suroeste se encuentra un pequeño afloramiento de rocas de la Formación Eagle Ford. La estructura es de tipo anticlinal asimétrico en donde sus flancos presentan pendientes de 9° a 35°.

Sinclinal La Mesa.- Se localiza en la parte centro de la carta. Es una estructura curvada, que en su parte sur tiene rumbo N 50° W, la porción central está cubierta por aluvión y aparentemente el eje tiene flexiones tanto al NE como al NW, en la porción norte su rumbo también es N 50° W. Con longitud aproximada de 32 km y continúa hacia el norte fuera de la carta. Esta estructura se encuentra entre los anticlinales Zapatero y la estructura formada en la sierra La Ventana. Está conformada en su parte central por los terrígenos de la Formación Escondido, los cuales sobreyacen a rocas de la Formación Olmos y en la periferia afloran las rocas de la Formación San Miguel.

Cabalgadura La Ventana

Se localiza en la porción este de la carta, en lo que corresponde a la sierra La Ventana. Es una estructura con rumbo general N 65° W, con aproximadamente 23 km de longitud y se extiende tanto al norte como al sur fuera de la carta.

Está conformada por yeso y caliza de la Formación Minas viejas que se encuentran sobrepuestas sobre caliza de la Formación Monclova, por medio de cabalgadura y en parte como diapiros. **(Fotografía II.6.)**

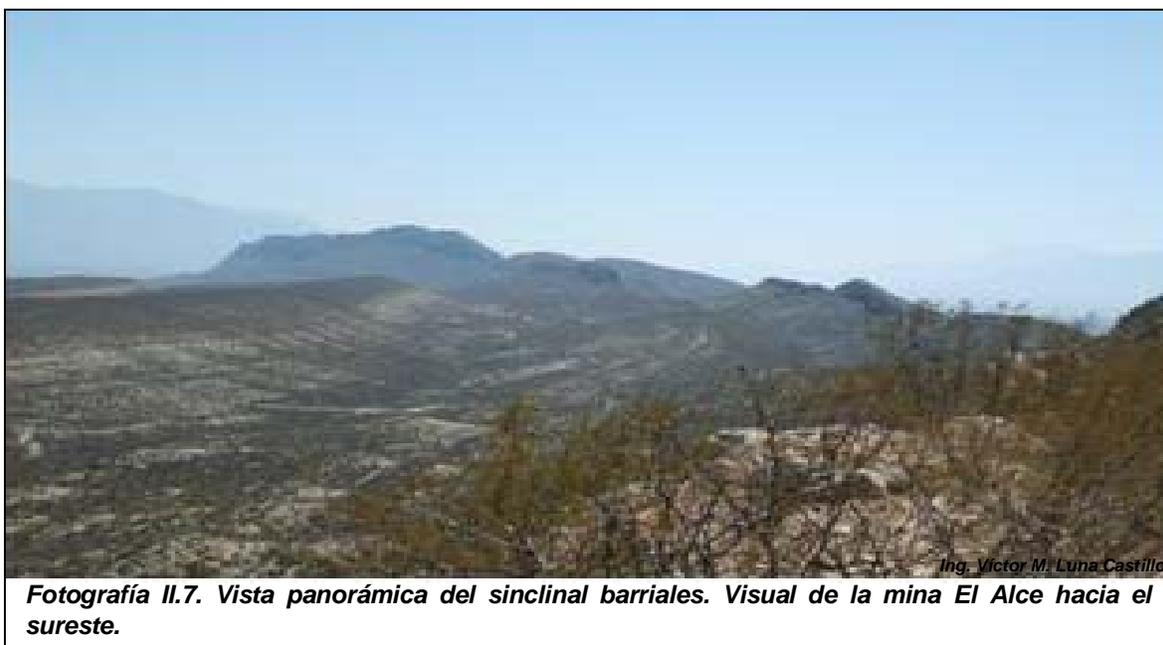


Sinclinal Barriales

Se localiza en la porción noreste de la carta en el valle que se forma entre la sierra La Ventana y los lomeríos formados por la Formación Austin en el límite este de la carta.

Tiene rumbo general de N 70° W con algunas flexiones. Se ha observado por 17 km y continúa tanto al norte como al este aún fuera del área que cubre la carta.

En la porción central aflora la caliza de la Formación Austin, rodeada por la caliza y lutita de la Formación Eagle Ford. En la porción oeste continúa con las rocas de la Formación Monclova y en el este por la caliza de la Formación Buda. La parte del centro está cubierta en su mayoría por aluvión y coluvión del cuaternario. (**Fotografía II.7**)



Anticlinal Campo Real

Se ubica en la esquina noreste de la carta, justo al norte del rancho Campo Real (abandonado). Está compuesto por caliza de la Formación Buda es de tipo elipsoidal simétrico con pendientes suaves. Y rodeado por caliza y lutita de la Formación Eagle Ford.

Su eje mayor tiene rumbo N 65° W y está expuesto por 1 km, aunque continúa hacia el norte fuera de la carta.

II.3.1.2. DEFORMACIÓN FRÁGIL

Un segundo evento de deformación en la zona noreste del país y regionalmente, durante el Terciario tardío a medio, al ceder los efectos de compresión, da lugar a procesos de extensión, en donde puede ocurrir fracturamiento o fallamiento normal y ocasionando un suceso tectonomagmático.

La expresión de esta actividad magmática está representada por la existencia del cinturón de plutones conocido como Provincia Alcalina Oriental. Los intrusivos de los cerros Lomas Farias (fuera de la carta) y Pánuco son parte de esta provincia; tomando como principio las relaciones de contacto se puede resaltar que las intrusiones magmáticas levantan, cortan y desvían localmente las estructuras regionales de rumbo NW-SE, características de la deformación laramídica.

Falla Cueva del Guano

Es el único elemento estructural relacionado a la deformación frágil que se logró medir en este trabajo. Se localiza en la esquina suroeste de la carta, en la falda este de la sierra El Zapatero.

Es una falla de tipo normal con dirección N 01° W e inclinación de 87° al SE. Desplaza a la caliza de la Formación Monclova. Con un desplazamiento de aproximadamente 3 m.

II.4. TECTÓNICA

El área de estudio se ubica dentro del contexto de terrenos tectonoestratigráficos en el terreno Coahuila según la clasificación de Campa U. M. F. y Coney P. J., 1983, o dentro del terreno Coahuiltecano si se refiere a la clasificación de Sedlock *et al.*, 1993. Como se describió anteriormente el límite sur de este terreno está dado por la traza de la falla inferida Mojave-Sonora y al noroeste por el frente de sutura Ouachita-Marathon (**Figura II.5**).

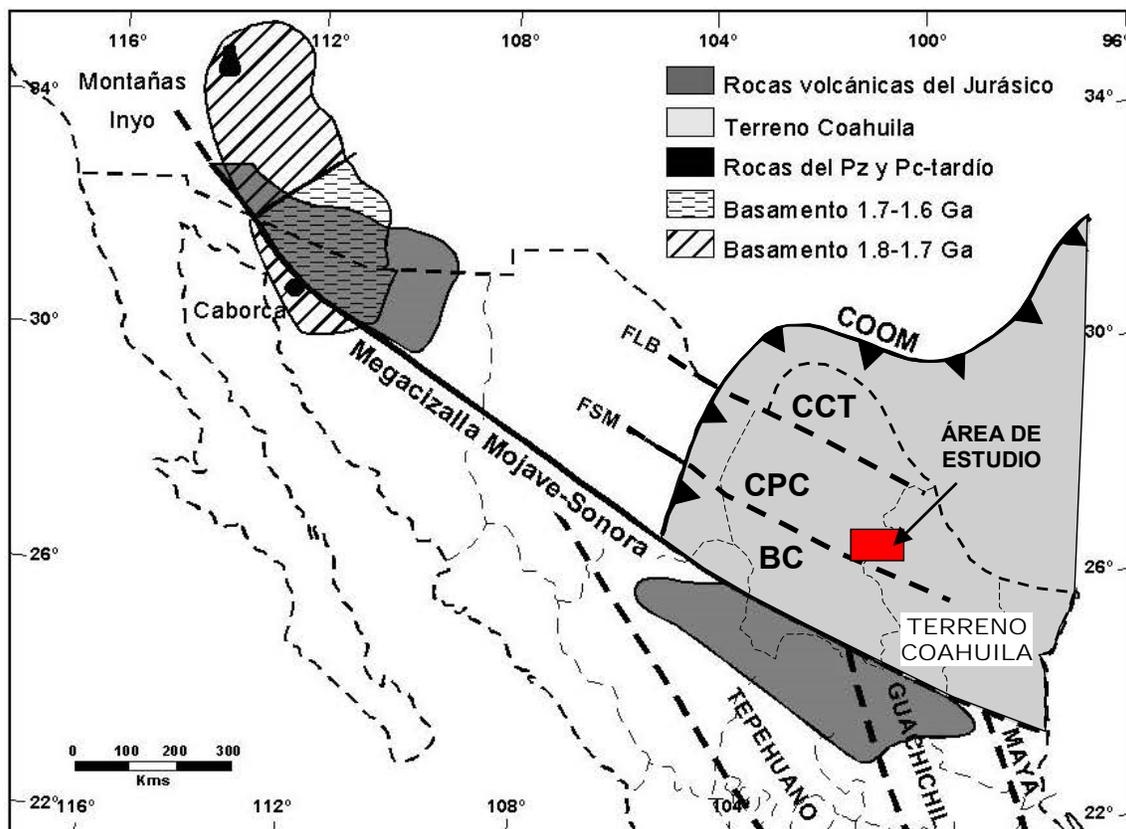


Figura II.5.- Marco estructural regional del terreno Coahuila y localización del área de estudio (Adaptada de Anderson and Schmidt, 1983; Sedlock et al., 1993 y Jones et al., 1995). COOM: Cinturón Orogénico Ouachita-Marathon, FSM: Falla San Marcos, FLB: Falla La Babia, CCT: Cratón Coahuila-Texas, CPC: Cinturón Plegado de Coahuila y BC: Bloque Coahuila. (Tomada de Chávez-Cabello, 2005)

La evolución tectónica de esta región es particularmente compleja y es relativamente poco lo que se conoce de su evolución pre-Mesozoica. Como se sabe el supercontinente Pangea se formó a finales de la era Paleozoica, hace aproximadamente unos 300 Ma durante la colisión de Gondwana y Laurasia durante las orogenias Alleghany (Apalaches en el este de EUA) y Ouachita (en el sureste y sur de EUA) entre el Pensilvánico y el Pérmico (Chávez-Cabello 2005). El cinturón orogénico

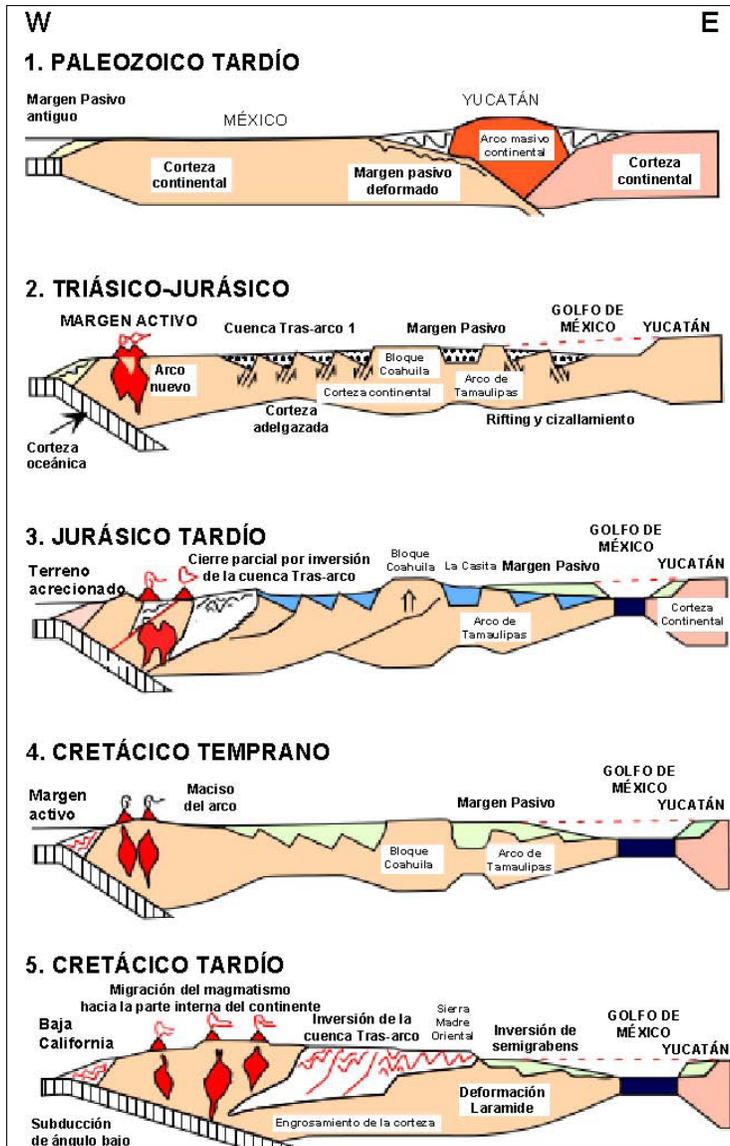


Figura II.6.- Esquema que representa la evolución geológica del norte de México. A partir del Jurásico Tardío la cuenca del Golfo de México actuó como un margen pasivo. La influencia de la actividad tectónica en el margen pacífico gradualmente afectó a toda la región produciendo los cambios más notables durante la orogenia Laramide (Tomado de Chávez-Cabello 2005 a su vez de Goldhammer, 1999).

Ouachita-Marathon quizá marque el límite de las dos masas continentales, por un lado Laurasia que incluye al Cratón de Norteamérica y los terrenos Chihuahua y Caborca y por el otro Gondwana, que incluiría al Cratón sudamericano y el bloque amalgamado de Coahuila (Pindell, J.L., Dewey, J.F., 1982 en SGM 2008).

En la tesis doctoral de Chávez-Cabello de 2005, menciona que con base en lo reconocido en el oeste y este de EUA, para la parte final del Proterozoico Tardío, se establecieron condiciones de un margen pasivo amplio sobre el que se depositaron grandes espesores de rocas sedimentarias marinas en el Paleozoico, las cuales posteriormente fueron acortadas y sobrepuestas sobre el borde continental durante la orogenia Ouachita-Marathon.

Afloramientos de secuencias paleozoicas se han reconocido en Coahuila, la más antigua corresponde a esquistos pelíticos y calcáreos de la Sierra del Carmen que reportan una edad de metamorfismo permo-Triásica por lo que se consideran rocas de edad pre-Pérmica. En la sierra de las Delicias afloran rocas metamórficas que también son consideradas como pre-Pérmicas, además de una secuencia volcanosedimentaria del Pensilvánico-Pérmico afectada por un granitoide. Estas secuencias reflejan la evolución de un arco magmático Permo-Triásico (SGM 2008), que se desarrolló por subducción, hacia el este, en la parte oeste de Pangea, justo después del desarrollo del cinturón orogénico Ouachita Maratón (Chávez-Cabello 2005). Hacia el Triásico-Jurásico dicho arco se ve fragmentado por Rift. En la separación de Pangea interactúan dos estadios tectónicos, uno pasivo en el proto-Atlántico y otro activo en el borde continental (**Figura II.6**).

La fragmentación intra-continental tipo transformante se conjugaba con fallas laterales oblicuas y una zona de subducción (SGM 2008).

La apertura del golfo de México en el Jurásico Tardío (Chávez-Cabello *op cit*), se dio debido a extensión cortical del piso oceánico. Implica la fragmentación continental del borde de Laurentia en donde interactúan fallas laterales izquierdas que generan fosas tipo “pull-apart” que se conocen como las cuencas Bisbee, Chihuahua y Coahuila. Estas grandes fallas son San Marcos al sur y La Babia al

norte (SGM). Dichos eventos de extensión generaron también los elementos positivos de la cuenca de Sabinas como la península del Burro-Peyotes y el Bloque de Coahuila, que controlaron los patrones de sedimentación durante las trasgresiones marinas que se dieron a partir del Jurásico Tardío.

En el Cretácico Tardío-Terciario Temprano tiene lugar el evento de deformación por acortamiento conocido como Orogenia Laramide, producto de la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica, que afectó una franja muy amplia de la región occidental de Norteamérica. Éste es el evento más joven de acortamiento del que se tiene registro y posterior al mismo sólo se reconocen estructuras asociadas a tectónica lateral y extensional (*Cuellar-Cárdenas et al. 2012*). Este evento tectónico generó cadenas montañosas como el Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras de Chihuahua, Coahuila y la Sierra Madre Oriental. La deformación Laramide en el terreno Coahuila fue intensa y está representada por las estructuras que componen al Cinturón Plegado de Coahuila.

En resumen, el territorio actual del noreste de México es producto de los siguientes eventos tectónicos: La orogenia Ouachita-Marathon, apertura del Golfo de México, el depósito de las secuencias sedimentarias debido a las trasgresiones marinas, la evolución del margen activo en el oeste de México y La orogenia Laramide.

III. YACIMIENTOS MINERALES

Los yacimientos minerales existentes dentro de la carta San Antonio de Adentro, están representados tanto por metálicos como por no metálicos; de los primeros destacan los yacimientos de cobre-molibdeno de la mina “Pánuco” y algunos prospectos de oro en la zona del intrusivo de “Pánuco”; de los segundos se tiene la continuidad dentro de la carta de la subcuenca carbonífera cretácica de Adjuntas Sur, que, en esta porción, ha sido poco explorada. Se tienen además algunas rocas que por su aspecto físico, pudiesen tener aplicación en la industria de las rocas dimensionables; a continuación se realiza una descripción de los principales yacimientos ubicados en de la carta. **(Figura III.1).**

III.1.- METÁLICOS

III.1.1 INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el párrafo anterior, dentro de este tipo de yacimientos destacan la mina de “Pánuco”, localizada en el intrusivo de Pánuco, ubicado en el extremo noroeste de la carta y el prospecto “La Reyna”, ubicado en la sierra de La Ventana, en el extremo noreste de la carta; a continuación se hace una breve descripción de las características de cada una de estas minas y prospectos.

III.1.2 ANTECEDENTES

Las primeras referencias de exploración y explotación de minerales metálicos en la carta se remontan a finales del siglo XVIII, se menciona, en algunos trabajos de la historia del estado de Coahuila, la existencia de importantes yacimientos de oro y cobre en las cercanías al cerro de Pánuco, lo que da como resultado la instalación de pequeños centros mineros que se forman alrededor de esta zona y de los cuales actualmente únicamente existen algunos vestigios.

III.1.3 MINAS EN EXPLOTACIÓN

Dentro de la superficie de la carta solo la mina Pánuco se encuentra en explotación.

III.1.4 INFRAESTRUCTURA

La infraestructura minera existente más cercana para el tratamiento de minerales metálicos en la carta San Antonio de Adentro es la siguiente:

- 1.- Fundición de Fierro AHMSA, propiedad del Grupo Acerero del Norte, instalada en la ciudad de Monclova, Coah.
- 2.- Planta de flotación recientemente instalada en la zona de Frontera, Coah; esta planta es propiedad del Sr. Héctor Cipriano y tiene una capacidad instalada de 100 t/d.

En cuanto a vías de comunicación se tienen las siguientes:

- 3.- Carretera estatal No. 30 Monclova-Candela, mediante la cual se comunica fácilmente a las principales ciudades de Nuevo León y Coahuila, México.
- 4.- Estaciones de ferrocarril en las poblaciones de Frontera, Coah. (Ramal, Piedras Negras-Saltillo) y en Candela, Coah. (Ramal, Nuevo Laredo,Tamps.-Monterrey N.L.)

III.1.5. Regiones/distritos mineros/zonas/áreas

III.1.5.1. Zona mineralizada Pánuco

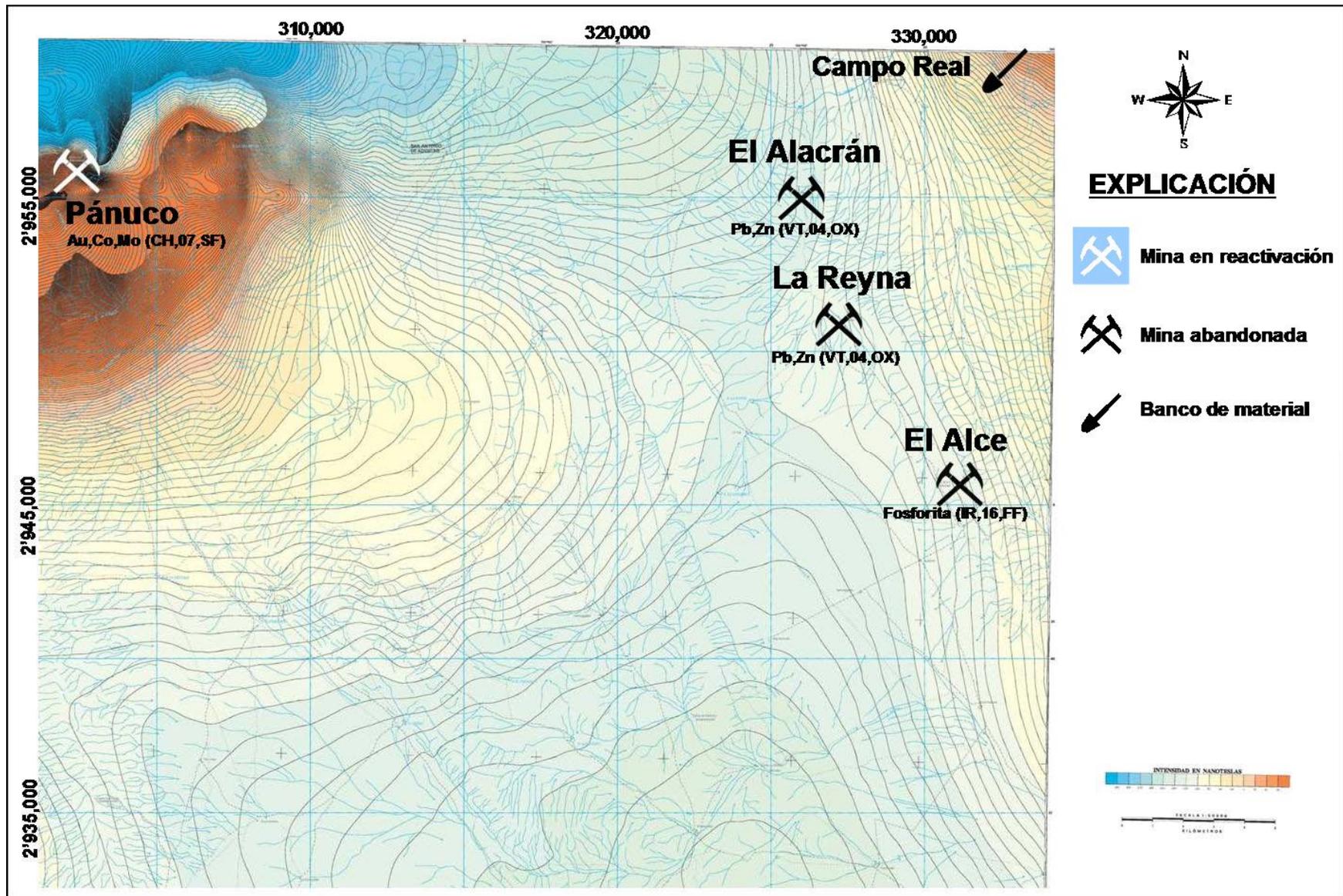


Figura III.1.- Nivel de yacimientos minerales sobre la carta magnética de campo total.

Dentro de la carta se pudo definir la zona mineralizada de “Pánuco” en la cual el yacimiento más importantes es la mina Pánuco.

Mina Pánuco. Localizada en la porción noroeste de la carta, en la parte central del intrusivo Cerro de Pánuco, en la intersección de las coordenadas 0302353 E y 2 956057 N; a 48 km al S 55° W, de la ciudad de Monclova, dentro de la jurisdicción municipal de Candela, Coah. (**Fotografía III.1**)



Su acceso principal se realiza mediante la carretera estatal No. 30, en su tramo Monclova-Candela, en el km 45 localizado en la población ejidal El Huizachal, parte un camino hacia el sur, de 5 km de longitud, en regulares condiciones, por el que se llega con facilidad hasta la ubicación de las obras mineras.

La totalidad de la superficie en donde se ubican las obras mineras de la mina Pánuco, se encuentran protegidas por varios denuncios mineros vigentes.

Antecedentes. Los primeros trabajos de que se tiene referencia fueron en el año de 1870, en algunos libros de historia del estado de Coahuila, hacen referencia al Mineral de Pánuco, en donde se realizaban trabajos de gambusineo en busca de minerales de oro-cobre, continuándose irregularmente su explotación hasta 1912. Existen referencias que en el año 1905 se produce un incendio en la mina, lo cual interrumpe durante un buen lapso de tiempo los trabajos de explotación, que se ven afectados también por la situación política del país. Durante los años de 1917 a 1918, durante la Primera Guerra Mundial se realiza la explotación del molibdeno de esta mina, sin contarse con datos de su producción. A partir de 1925, se reinicia la explotación del cobre utilizando un sistema de lixiviación y precipitación hasta el año de 1930, en donde se suspenden las actividades; es en el año de 1979 a 1982, en donde la empresa Minera del Norte, realizó la explotación del mineral de esta mina, beneficiándolo en una pequeña planta de flotación que existía en ese tiempo en la población de Candela, Coah., localizada a 50 km al oriente de la mina y en donde se obtenían concentrados de cobre y molibdeno.

Es importante mencionar que en la zona de la mina, existen vestigios de un proceso de fundición del que no se tienen referencias bibliográficas. La primera referencia técnica es del año de 1944, J. F. Price, en su Preliminary report on the Panuco Molibdenum Mine, State of Coahuila, México; otro trabajo importante es el realizado por el ingeniero Gustavo Z. Schulze, en el año de 1959, en su trabajo titulado: Informe Preliminar sobre el Yacimiento de molibdeno-cobre llamado “El Pánuco”, en

donde realiza una breve descripción de la geología y las características de la mineralogía, leyes, reservas y el tipo de emplazamiento del depósito mineral. **(Fotografía III.2)**



La infraestructura minera con que cuenta la mina “Pánuco”, es un camino de acceso en regulares condiciones hasta la localidad de la mina. Carretera pavimentada a 7 km (Monclova-Candela). Planta de flotación a 55 km de la mina en la ciudad de Monclova, Coah. Además las obras mineras actualmente se reacondicionan para ser utilizadas en la explotación del yacimiento.

El marco geológico existente en donde se ubica la mina “Pánuco”, lo constituye un stock (apófisis) de composición granodiorítica a diorítica, de edad terciaria, que se encuentra intrusionando a arenisca y lutita de la Formación San Miguel del Cretácico superior; formando en su contacto incipientes aureolas de metamorfismo, constituidas por hornfels y pequeñas zonas de skarn; la estructura en general consiste típicamente en un levantamiento cóncavo semicircular, de unos 4 km de diámetro, con drenaje radial característico, presentando hacia su parte central la presencia del stock y en sus partes bajas los contactos con las rocas sedimentarias.

El stock de “Cerro de Pánuco” forma parte del cinturón de intrusivos terciarios que está presente en la parte central del estado de Coahuila y cuyas edades se han referido al Eoceno tardío y al Oligoceno temprano (45-35 Ma; Sewell, 1968).

El cuerpo intrusivo es de color gris claro a gris oscuro, de textura fanerítica, estructura compacta-masiva, su mineralogía está constituida por: feldespatos, cuarzo, plagioclasas, micas y hornblenda; estructuralmente se encuentra afectado por un sistema de fallamiento y fracturamiento de rumbo general N 50° E.

El yacimiento mineral de la mina de “Pánuco” lo constituye una chimenea de forma semicircular de aproximadamente 50 m de diámetro, de actitud vertical la cual se tiene reconocida mediante obra minera hasta una profundidad de 150 m; la mineralogía tiene como mena: cobre nativo, calcopirita, molibdenita, también se observa pirita, marcasita, malaquita y azurita, que se entremezclan dentro de una ganga compuesta de cuarzo y feldespato (ortoclasa) todo emplazado en la roca intrusiva; es importante la presencia de una zona de mica (moscovita) que se presenta preferentemente hacia la periferia del cuerpo mineralizado. **(Fotografía III.3)**



Fotografía III.3.- Cuerpo mineralizado de la mina Pánuco, en donde se observa el contenido mineral, alojado en una zona de brecha.

Superficialmente la zona mineralizada se manifiesta como una fuerte oxidación dentro del intrusivo, en donde es frecuente la presencia en fracturas de sulfatos y carbonatos de cobre, el fracturamiento presenta rumbo N 50° E, existe también un sistema preferencial N-S.

Las alteraciones que se observan son una fuerte caolinización dentro del intrusivo, preferentemente en las áreas cercanas al cuerpo mineralizado así como zonas de silicificación asociadas al fracturamiento.

En cuanto a obras mineras y como se mencionó anteriormente, la mina se encuentra desarrollada en 3 pequeños subniveles con separaciones de 40 m entre el 1 y 2, y de 60 m entre el 2 y 3; los subniveles 1 y 2 son inaccesibles y el No. 3, que es el de mayor desarrollo (550 m), actualmente se encuentra en la etapa de reacondicionamiento; todos los subniveles están labrados sobre roca intrusiva y tienen rumbo general S 55° W. **(Fotografía III.4) (Figura III.2)**



Fotografía III.4.- Panorámica de la mina Pánuco mostrando los niveles de explotación. Visual al NW.

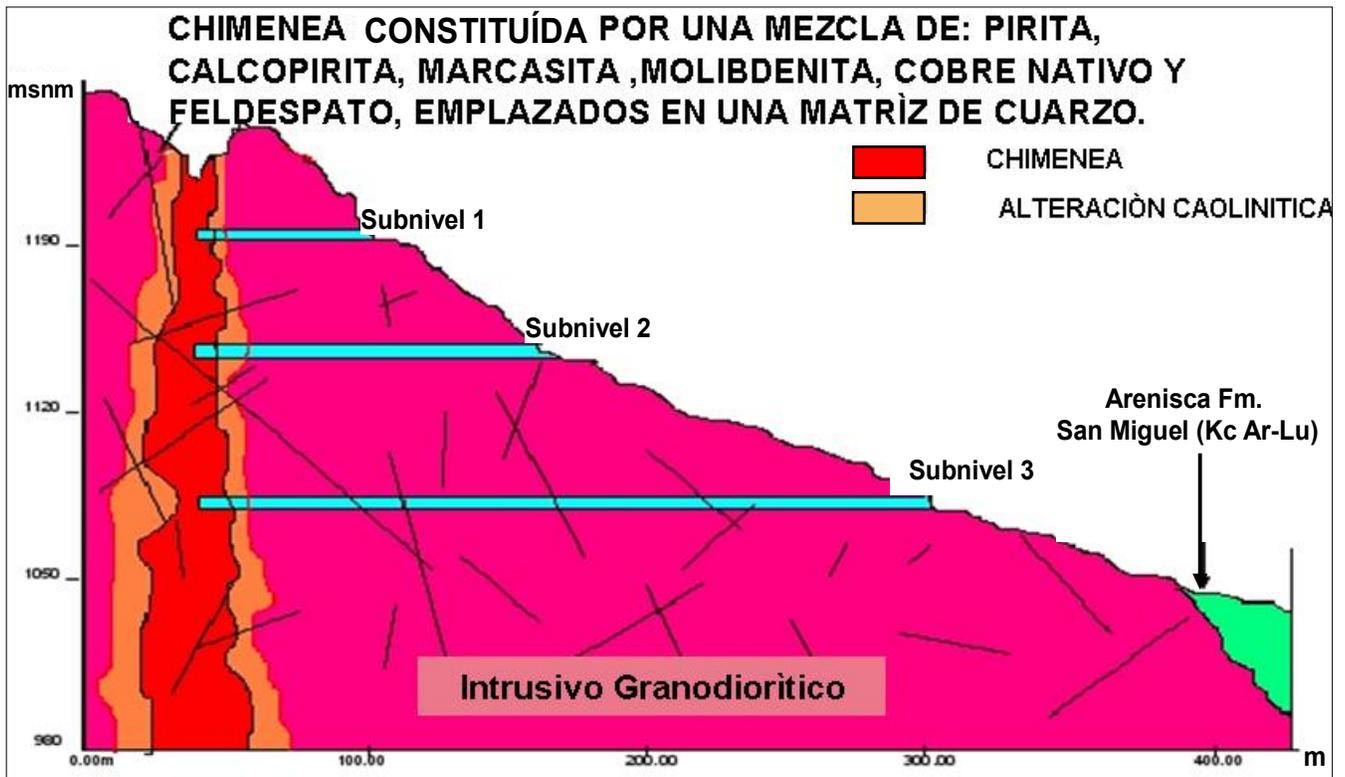


Figura III.2.- Sección esquemática de la mina Pánuco que muestra los diferentes niveles de extracción y la interpretación del cuerpo mineralizado.

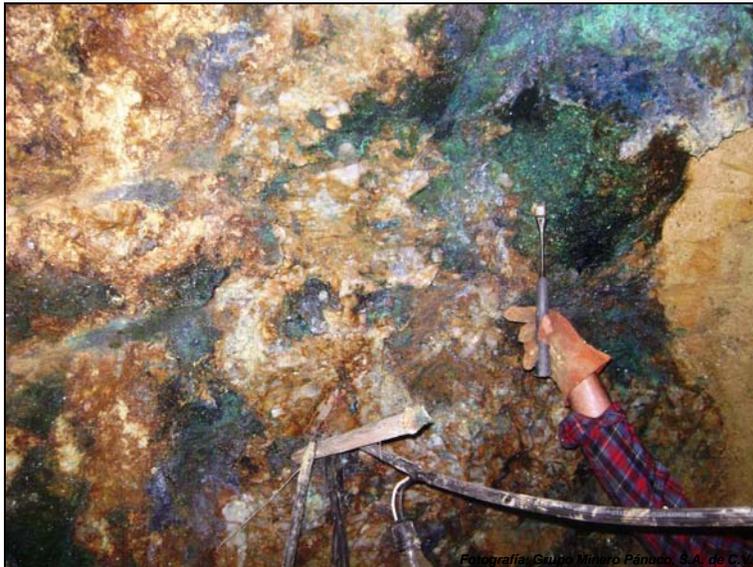
Las leyes y reservas de la mina, basados en los estudios anteriores realizados por J. F. Price, 1944 y Schulze, G., 1959, reportan leyes dentro de la mina. Price en su reporte menciona contenidos del orden del 7,2% de Mo, en la zona de la chimenea y de 1.5% de Mo en la continuidad de la chimenea en sus niveles inferiores y estima un potencial de 110,500 toneladas de cuarzo, 27,625 toneladas de molibdeno del 7.2% y considera en terreros un total de 200,000 toneladas con ley del 0.25% de Mo.

En 2008 la mina Pánuco estaba siendo evaluada por la empresa MOLICOMEX S.A. de C.V., que desarrolló una serie de barrenos de diamante para cortar a mayor profundidad la zona mineralizada e investigar una posible disseminación dentro del cuerpo intrusivo; en dos de dichos barrenos se obtuvieron resultados alentadores que les permitieron pensar en la existencia de un potencial atractivo. Actualmente la empresa que está explotando dicho yacimiento es Grupo Minero Pánuco S.A. de C.V.

De acuerdo a información proporcionada verbalmente por el geólogo encargado de los trabajos de barrenación en 2008, el primer barreno que se concluyó se localiza en la zona del primer subnivel en la intersección de las siguientes coordenadas UTM 302 192 E y 2 955 812 N; este barreno se programó con los siguientes datos: rumbo Sur, Inclinación -50° y profundidad total 400 m; a los 330 m cortó el cuerpo mineralizado de 130 a 160 m. (**Fotografía III.5**)



Fotografía III.5.- Ubicación del barreno dado en el primer nivel en donde se cortó mineral de 140 a 160 m.



Fotografía III.9.- Mineralización dentro de la mina Pánuco, se observa claramente la mineralización asociada a depósitos de Cu.

Durante el desarrollo del presente trabajo se obtuvieron un total de 17 muestras de la zona mineralizada en interior mina, del afloramiento superior de la chimenea y de los diferentes terreros de la mina; los resultados de estas muestras se anotan a continuación:

No. Muestra	Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %
SA04	0.1300	0.0406	1.10	11.00	0.0075	0.0011
SA05	0.0781	0.0060	0.10	N. D.	0.0087	0.0020
SA06	0.1500	0.0063	0.20	3.00	0.0028	0.0022
SA07	0.3100	0.0408	0.20	3.00	0.0061	0.0071
SA08	0.6200	0.1460	3.70	11.00	0.0199	0.0197
SA09	0.4000	0.738	5.90	19.00	0.0156	0.0077
SA10	0.3000	0.0891	0.60	N. D.	0.0016	0.0127
SA11	0.2700	0.4057	0.20	5.00	N. D.	0.0050
SA12	0.2600	0.2103	0.20	4.00	0.0011	0.0060
SA13	0.4200	0.1078	0.20	4.00	0.0016	0.0071
SA14	0.1800	0.0060	0.014	3.00	-----	-----
SA15	0.1800	0.0050	0.047	3.00	-----	-----
SA16	0.0800	0.03969	0.008	N.D.	-----	-----
SA17	3.4500	0.0080	0.30	6.00	-----	-----

Se tomaron 3 muestras para estudios minerográficos, con los siguientes resultados:

SA01. Muestra colectada hacia la porción central de la estructura mineralizada. En la descripción megascópica se observa material de color amarillo latón, de textura masiva, en donde se observa pirita. En el estudio microscópico se obtuvo que contiene pirita en un 60%, en cristales xenomorfos formando un mosaico y asociada a arsenopirita, dispuestos en una matriz cuarzosa. En segundo lugar presenta arsenopirita con contenido de 30 % en cristales automorfos formando agregados asociados a la pirita. También presenta calcopirita en un 10% en cristales xenomorfos escasamente diseminados y asociados a la arsenopirita, con bordes de covelita. En la muestra la paragénesis y sucesión indican el siguiente orden: pirita-arsenopirita-calcopirita-covelita. Como mena se tiene fierro y cobre, la ganga está representada por cuarzo y calcita. La microtextura observada es de relleno y reemplazamiento, clasificado como material de veta de origen hidrotermal.

SA02. Muestra tomada en el cuerpo mineral a 10 m del contacto con la roca encajonante. Descrito en forma megascópica como material de color gris verdoso de textura masiva en donde se observa pirrotita. La descripción microscópica indica que contiene pirrotita en 70%, en cristales anhedrales compactos de color blanco grisáceo. En segundo lugar, tiene calcopirita con 15% en cristales fracturados de forma subedral, con bordes de covellina y otros con pequeñas inclusiones de tetraedrita. En tercer lugar tiene magnetita en 5% en cristales de forma anedral, fracturados y asociados a la calcopirita. La tetraedrita se encuentra en 3% en cristales de forma anedral y pequeñas inclusiones en la calcopirita. En el estudio microscópico la paragénesis y sucesión indican pirrotita-calcopirita-tetraedrita. El material es clasificado como de veta con microtextura de islas y continentes de origen hidrotermal.

SA03. Muestra colectada en la zona de biotita. (frente izquierda). Megascópicamente el material es de color blanco grisáceo de textura masiva en donde se observa cuarzo. Del estudio microscópico se obtuvo como principal sulfuro molibdenita en contenido de 90% en cristales de forma laminar rellenando oquedades en el cuarzo. Como segundo mineral se tiene pirita en 9%, sus cristales son de forma anedral, muy finos y diseminados en el cuarzo.

En contenido de 1% se encuentra calcopirita en cristales automorfos, escasamente diseminados en el cuarzo y tienen bordes de covelita. La paragénesis y sucesión indican la secuencia siguiente: pirita-

calcopirita-molibdenita. El material se clasificó como de veta con microtextura de relleno y reemplazamiento de origen hidrotermal.

Estas muestras también fueron analizadas por Fluorescencia de Rayos X. Los elementos identificados por este método, se anotan en la siguiente tabla:

MUESTRA	MAYOR	MEDIANA	MENOR	TRAZAS
SA01	Si, Fe	As, Al, Cu	K, Ca	Mn, Ni
SA02	Fe	Ca, Cu	Si, S	Ti, Mn, Zn
SA03	Si	Mo	Fe	Cu

Las muestras anteriores fueron además analizadas por Difracción de Rayos X. En el estudio las especies minerales están enunciadas de acuerdo a su grado de cristalización en orden descendente y no tiene relación con su abundancia, obteniéndose los siguientes resultados:

MUESTRA	MINERAL	COMPOSICIÓN QUIMICA
SA01	CUARZO MUSCOVITA PIRITA ARSENOPIRITA YESO	SiO ₂ KAl ₂ (OH) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀) Fe ₂ S FeAsS CaSO ₄ ·2H ₂ O
SA02	CALCITA PIRROTITA PIRITA BIOTITA HEMATITA	CaCO ₃ Fe _{1-x} S Fe ₂ S K ₂ (Mg,Fe) ₂ (OH) ₂ (AlSi ₁₀ O ₃₅) Fe ₂ O ₃
SA03	CUARZO MOLIBDENITA	SiO ₂ MoS ₂

Considerando los resultados del laboratorio de las muestras estudiadas se concluye que el origen de la mineralización es producto de soluciones hidrotermales derivadas de las últimas etapas de segregación magmática del cuerpo ígneo intrusivo, en la cual se rellenan fracturas y existe algún reemplazamiento de la estructura de las rocas preexistentes.

El yacimiento de la mina “Pánuco” es de tipo pórfido cuprífero dentro de un cuerpo intrusivo terciario, cuya mineralización de interés la constituyen minerales de cobre-molibdeno.

Las reservas que se tienen estimadas son 25,000 toneladas probables con ley de 1.5 % de Mo, considerándose además que pueden existir alrededor de 200 000 toneladas en terreros, con leyes de 0.5% de Cu y de 0.3 a 0.5 de Mo. Los resultados de laboratorio son bajos, pero se considera un promedio de 3% de Mo, ya que se observa a simple vista.

Se considera factible la presencia de cuerpos mineralizados similares en algunas otras áreas del cerro “Pánuco”, en donde se observan superficialmente alteraciones similares a las de la mina.

III.1.5.2. Área Mineralizada Sierra La Ventana

Esta localizada en el extremo noreste de la carta, dentro de una estructura anticlinal truncada de orientación NW-SE, en la cual afloran unidades calcáreas cretácicas, afectadas por unidades jurásicas en forma de diapiros; donde se presentan manifestaciones minerales hacia la parte centro y sur del anticlinal. Se reconocieron las siguientes minas:

Mina La Reyna. Localizada en el extremo sur de la sierra de La Ventana, a 19 km al S 50° W de la población de Candela, Coah., en la intersección de las coordenadas UTM 0327175 E y 2951083 N y altitud de 850 msnm: su acceso principal se realiza partiendo de la población de Bustamante, N.L. por

una brecha de 40 km de longitud, en regulares condiciones, ubicada dentro de los límites del rancho La Luz (Propietario Javier Chapa), que conduce hasta las obras mineras.

Existe otro acceso de la carretera No. 30 Monclova-Candela y a la altura del rancho San Pedro (pertenece al Sr. José Salinas Lozano) se desvía un camino de mano de obra hasta el casco del rancho, con recorrido aproximado de 3 km, se continúa hacia el sur por brechas pegadas a cercas, hasta la cerca del rancho La Luz (que tiene candado y es propiedad del Sr. Leonel Ramones), al conseguirse el permiso se continúa por brechas pegadas a las cercas hasta el rancho La Luz (aproximadamente 4 km), de donde parte una brecha hacia el este, recorriendo una distancia de 5 km, se llega a la zona del campamento de la mina, de ahí se retoma por un camino en malas condiciones y se recorre 1 km, para llegar a la base de la sierra en donde se encuentra la mina, posteriormente se toma una vereda con recorrido de 800 m, hasta llegar a la entrada de las obras. Este acceso es más complicado por atravesar varios ranchos y generalmente los dueños se niegan a dar acceso.

La zona en donde se ubican las obras mineras se encuentra protegida por un denuncia minero vigente, registrado en la agencia de minería de Monterrey N.L. con el Expediente No. 2693, Título 64182 y que cubre una superficie de 4 has.

Antecedentes. No se tienen referencias de los tiempos de explotación de esta mina, los únicos antecedentes, se relacionan con un levantamiento topográfico de las obras mineras realizado en el año de 1978, por la empresa Ruiz, Henrichs y González, S. C., en donde el objetivo fue la programación de una obra minera (socavón) de exploración.

Además en el año 1979, el Consejo de Recursos Minerales realiza una visita de reconocimiento, en donde se efectúa un levantamiento geológico topográfico de las obras mineras y un muestreo generalizado de las mismas.

La infraestructura minera existente es mínima; consiste básicamente en: camino de acceso hasta las obras mineras. Obras mineras en condiciones regulares para ser utilizadas en futuras exploraciones.

La geología la representa una caliza cretácica de color gris claro, con nódulos de pedernal negro, pertenecientes a la Formación Monclova (**Kace Cz-Do**); los estratos se presentan con espesores de 0.40 m a 0.80 m y guardan rumbo general N-S, con inclinación de 84° al E; estructuralmente se encuentran conformando una estructura anticlinal de orientación NW-SE, roto por diapirismo y cabalgado.

La mineralización se presenta en forma de dos pequeñas vetas lenticulares paralelas de rumbo general N 05° W con 65° NE, cuyo espesor varía de 0.20 hasta 1.50 m y longitudinalmente se les tiene reconocidas superficialmente en unos 300 m; La mineralogía de las vetas consiste de óxidos de Fe (hematita-limonita), a los que se asocian hemimorfita, smithsonita, pirargirita, cerargirita, calcita y minerales arcillosos. Superficialmente las vetas se manifiestan como pequeñas oxidaciones en donde es frecuente la presencia de hematita. (**Fotografía III.6**)



Fotografía: Ing. Víctor M. Luna Castillo

Fotografía III.6.- Vista aérea de la mina La Reyna. Mostrando la zona de alteración y labrado de obras.

Las obras mineras consisten en socavones inclinados labrados a rumbo de las vetas que llegan alcanzar los 80 m de profundidad, a lo largo de los cuales se observan bolsadas en zonas de fracturamiento que llegan alcanzar 2 m de espesor y unos 3 m de longitud, varias de las obras son inaccesibles y en algunas existe gran acumulación de guano. **(Fotografía III.7)**



Fotografía: Ing. Víctor M. Luna Castillo

Fotografía III.7.- Entrada principal a la mina La Reyna. Se labró a rumbo de veta.

En el estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales se tomaron 13 muestras de esquirla. Obteniéndose los siguientes resultados: De las 13 muestras sólo 10 se analizaron por Fe, con un promedio de 1.0 de espesor y contenido promedio de 8.21 %. Las 13 muestras de espesor promedio de 1.07 m, también fueron analizadas por Ag con ley promedio de 59.15 g/t; el Pb tiene 0.25 % y el Zn 20.73 %. No se da un estimado de reservas.

En el presente trabajo debido a lo inaccesible de las obras no se estimaron reservas minerales y los resultados de los muestreos realizados en esta visita de reconocimiento son:

No. Muestra	Cu %	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %
SA20	0.6600	0.010	2.00	0.2800	16.79
SA21	4.9400	0.009	2.00	0.8700	8.79

De acuerdo al concepto de soluciones hidrotermales, definidas como fluidos calientes, generalmente dominados por agua, a veces ácidos, que pueden transportar metales y otros compuestos en solución al lugar de depositación o producir alteración de la roca de caja. De donde se deriva que los yacimientos hidrotermales son aquellos que resultan del relleno de cavidades o fisuras debido a una precipitación química de sustancias transportadas por la circulación de soluciones calientes, que se piensa son de origen magmático, si bien pueden estar mezcladas con aguas meteóricas.

Basándose en estos conceptos, la mineralización que se aloja en las vetas de la mina La Reyna puede haber sido formada por soluciones hidrotermales cuyo origen pudiese estar relacionado a la presencia de un intrusivo a profundidad y rellenando los espacios en el contacto con la Formación Monclova, ocasionados por la irrupción del diapiro de la Formación Minas Viejas.

La posible presencia de algún intrusivo a profundidad se debe a la cantidad de manifestaciones regionales de rocas intrusivas como son Cerro Pánuco, Cerro Colorado y algunos más que son ubicados en la zona conocida como el cinturón de intrusivos Candela-Monclova. La localidad de la mina se encuentra en el trend de rumbo oeste-este que guarda en general el mencionado patrón de intrusivos.

La mina La Reyna es parte de un yacimiento hidrotermal, en donde la mineralización se presenta en forma de vetas. Con contenidos atractivos de Pb, y Zn.

Las vetas se desarrollaron en el contacto entre las formaciones Monclova (**Kace Cz-Do**) y el diapiro de Minas Viejas (**Jo Y-Cz**).

Se considera que en el contacto entre las formaciones Monclova y Minas Viejas pudiesen existir estructuras mineralizadas similares. Principalmente en el contacto superior del yeso de la Formación Minas Viejas, localizado a lo largo de la sierra La Ventana en el flanco oeste y algunas otras áreas hacia el contacto inferior (flanco este), en donde se observan superficialmente alteraciones similares a las de la mina.

Mina El Alacrán. Localizada en el extremo norte de la sierra La Ventana, a 15 km al S 32° W, de la población de Candela, Coah., en la intersección de las coordenadas UTM 0325955 E y 2955176 N y altitud de 670 msnm: su acceso principal se realiza partiendo de la población de Candela, Coahuila, por la carretera No. 30, con rumbo a Monclova, pasando por el puerto La Carroza, aproximadamente a 12 km, se toma una desviación hacia el sureste, en camino de mano de obra en regulares condiciones, hacia la cañada La Bolsa de Judas con recorrido aproximado en vehículo de 1.2 km, posteriormente se continúa por vereda aproximadamente 1.5 km, que conduce hasta la entrada de la obra minera.

No se tienen referencias de los tiempos de explotación de esta mina, los únicos antecedentes que se tienen son, en el año 1979, cuando Consejo de Recursos Minerales realiza el inventario minero del estado, en donde se efectúa un levantamiento geológico topográfico de las obras mineras y un muestreo generalizado de las mismas. De esta obra no se encontró expediente de la visita.

La infraestructura minera existente es mínima; consiste básicamente en: camino de acceso hasta las obras mineras. Obras mineras en condiciones regulares para ser utilizadas en futuras exploraciones.

La geología la representa la caliza cretácica de color gris claro con nódulos de pedernal negro, pertenecientes a la Formación Monclova; los estratos se presentan con espesores de 0.40 a 0.80 m y guardan rumbo general N-S, con inclinación de 84° al oeste, en contacto con caliza y yeso de la Formación Minas Viejas; estructuralmente se encuentran conformando una estructura anticlinal de orientación NW-SE, corrido por diapirismo y cabalgado. **(Figura III.3)**

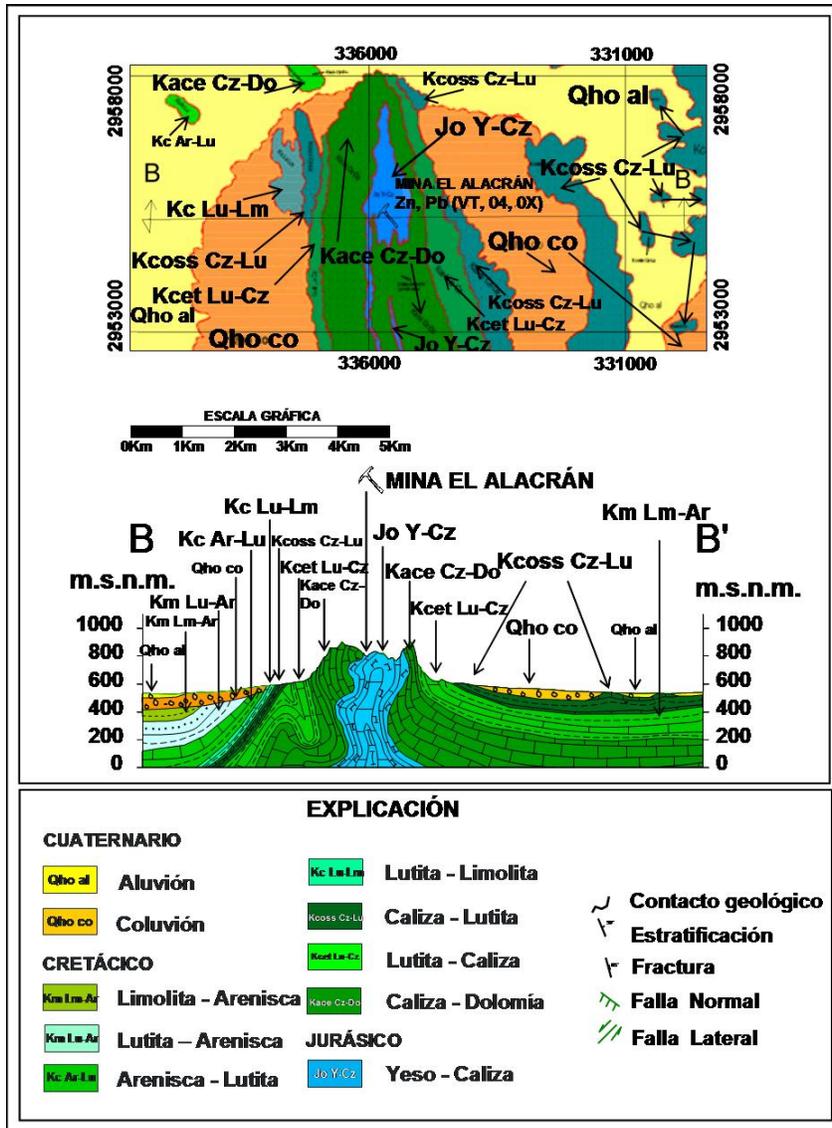


Figura III.3.- En planta y sección esquemática de la mina El Alacrán

La mineralización se presenta en forma de un crestón superficial de forma irregular pero ligeramente alargado de rumbo general N 50° W con 40° NE, cuyo espesor varía y llega a alcanzar hasta 3.00 m y longitudinalmente se le tiene reconocido, superficialmente, en unos 50 m; La mineralogía consiste de óxidos de Fe (hematita-limonita), calcita y minerales arcillosos. La alteración de los respaldos se presenta en partes como ligera silicificación y una incipiente caolinización. **(Fotografía III.8)**



Fotografía: Urenia Navarro Sánchez

Fotografía III.8.- Interior de la mina El Alacrán, se observa la manifestación de la mineralización.

Las obras mineras consisten en un socavón horizontal labrado perpendicular a la estructura que se calcula tiene de 80 a 100 m de profundidad, y se cree que se desarrolló en el fondo hacia arriba para la extracción del cuerpo. En la parte alta, en donde se calcula llega el socavón, solamente se encuentra una pequeña cata de algunos metros de desarrollo, pero no se observa que se comunique.

No se estimaron reservas mineras, se tomaron muestras del terrero cuyos resultados son:

No. Muestra	Cu %	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %
SA18	0.03	0.003	7.00	0.01	0.05
SA19	0.06	0.009	N.D.	0.01	0.13

Al igual que la mina La Reyna la estructura encontrada en esta mina presenta las mismas características. En donde la mineralización ha sido formada por soluciones hidrotermales cuyo origen pudiese estar relacionado a la presencia de un intrusivo a profundidad y rellenando los espacios en el contacto con la Formación Monclova, ocasionados por la irrupción del diapiro de la Formación Minas Viejas.

La posible presencia de algún intrusivo a profundidad se debe a la cantidad de manifestaciones regionales de rocas intrusivas como son cerro Pánuco, cerro Colorado y algunos más que son ubicados en la zona conocida como el cinturón de intrusivos Candela-Monclova. La localidad de la mina se encuentra en el trend de rumbo oeste-este que guarda en general el mencionado patrón de intrusivos.

La mina El Alacrán es un yacimiento de tipo hidrotermal, en donde la mineralización se presenta en forma de vetas, posiblemente epitermal.

La veta principal se desarrolló en el contacto entre las formaciones Monclova (**Kace Cz-Do**) y el diapiro de Minas Viejas (**Jo Y-Cz**)

Los resultados del laboratorio de las muestras colectadas indican que la estructura no presenta contenidos anómalos, por lo que se infiere el abandono de esta obra. Pero se considera que en el

contacto entre las formaciones Monclova y Minas Viejas pudiesen existir estructuras mineralizadas similares, que posiblemente tengan mejores resultados.

Zonas prospectivas

Sierra La ventana. Con base en las manifestaciones minerales superficiales localizadas y a los valores de Pb y Zn, se recomienda realizar estudios a detalle principalmente en el contacto superior de la Formación Minas Viejas, localizado a lo largo de la sierra La Ventana en el flanco oeste y algunas otras áreas hacia el contacto inferior (flanco este), en donde se observan superficialmente alteraciones similares a las de la mina.

III.2. NO METÁLICOS

III.2.1. Introducción

La presencia de mineralización “no metálica” se restringe a la continuidad de la subcuenca carbonífera Adjuntas y algunas manifestaciones de fosforita, así como afloramientos de caliza que pudiesen ser utilizados para la industria de los agregados pétreos o como rocas dimensionables.

III.2.2. Antecedentes

Algunos de los trabajos enfocados a la exploración de minerales no metálicos, se realizaron en los años de 1980, en donde el Consejo de Recursos Minerales, desarrolla una serie de barrenos de diamante para explorar la porción sur de la subcuenca carbonífera Adjuntas, la cual se interna en la parte central de la carta; otros pequeños trabajos consisten en pequeñas catas o rebajes en la porción oriental de la carta, realizadas para explorar pequeñas manifestaciones de fosforita de poco interés económico.

III.2.3. Minas en explotación

Actualmente dentro de la superficie de la carta no existen minas en explotación.

III.2.4. Infraestructura

Las principales obras de infraestructura minera, más cercanas para el procesamiento de los minerales no metálicos se ubican en las ciudades de Monclova, Nueva Rosita y Sabinas, Coah.; en la primera se localizan varias plantas de trituración de roca caliza, para la fabricación de agregados pétreos. En la región de Nueva Rosita y Sabinas, Coah, se localizan varias plantas lavadoras de carbón y algunos hornos de coquización de este mineral.

III.2.5. Zona/elemento/producto

III.2.5.1. Subcuenca carbonífera Adjuntas Sur

Comprende la parte sur y noroeste de la carta; es una gran estructura sinclinal de aproximadamente 27 km de largo y una anchura en su extremo sureste de 7 km y de 13 km en su extremo noroeste; la orientación general del eje del sinclinal es de N40° W, su flanco suroeste lo constituyen las sierras de El Venadito y Guajes, y el flanco oriental lo conforma la sierra de San Antonio; las unidades formacionales aflorantes las representan arenisca y lutita de las formaciones San Miguel, Olmos y Escondido del Cretácico superior; el contacto de las dos primeras unidades es la zona que en todas las subcuencas de la región Sabinas-Monclova, en donde se emplazan los mantos de carbón que se explotan en el estado de Coahuila, por lo que su exploración reviste gran importancia dentro de la carta. (**Figura III.4**)

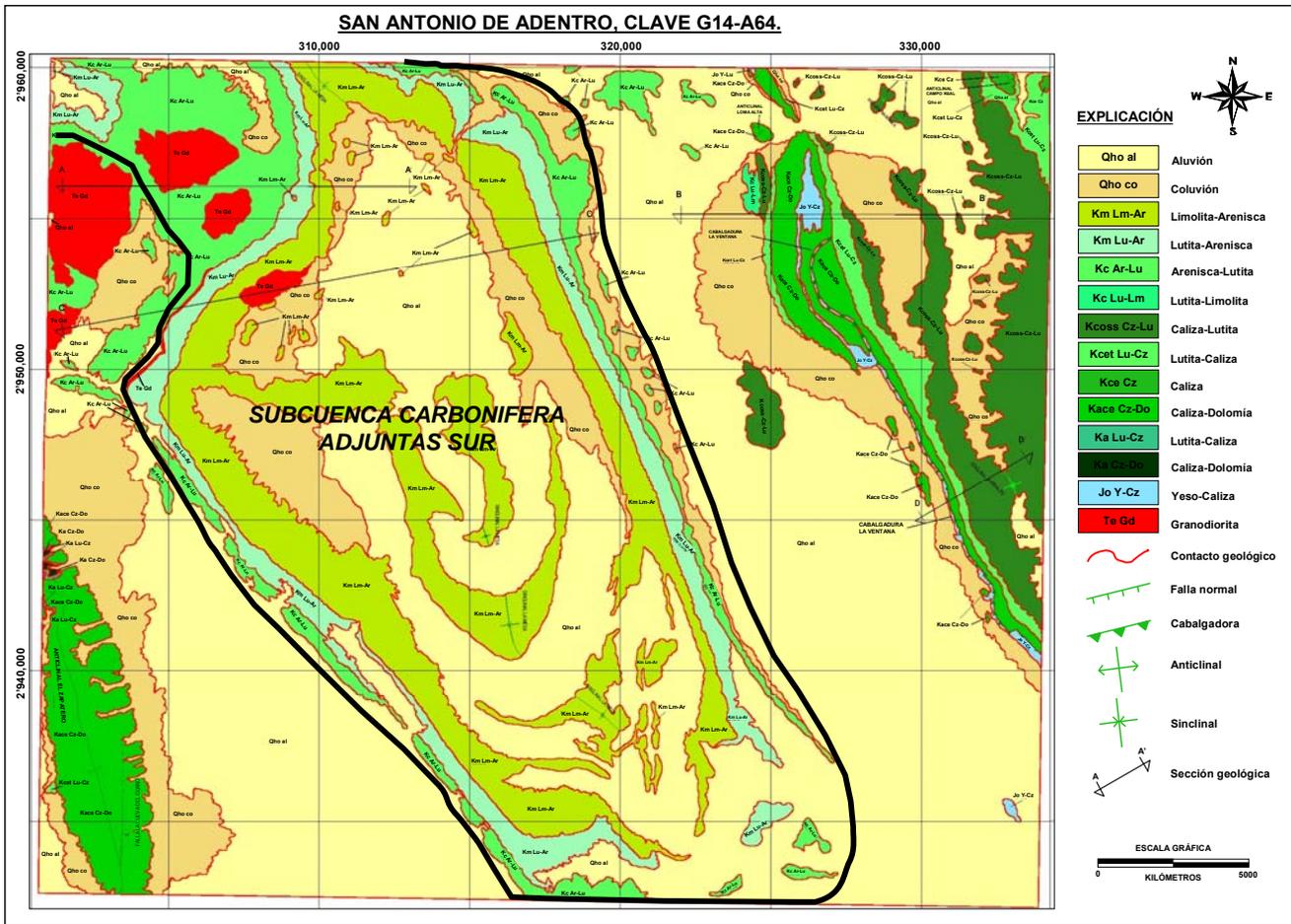


Figura III.4.- Localización de la subcuenca carbonífera Adjuntas Sur .

La zona con posibilidades de contener carbón ha sido identificada en estudios anteriores como Adjuntas Sureste, sin embargo son mínimos los trabajos de exploración realizados, por lo que en realidad se desconoce su importancia real.

En el año de 1980, el Consejo de Recursos Minerales realizó la exploración de la porción SE de la Subcuenca de Adjuntas, (Gómez Landeta F. 1981); en este trabajo se reconocen dentro de la subcuenca, ambientes predominantemente marinos y de transición que aumentan en dirección sur-sureste hacia la zona de la carta San Antonio de Adentro; lo anterior permite concluir que hacia esta zona decrecen progresivamente los ambientes deltáicos con menor desarrollo y por lo tanto las condiciones para la formación de mantos de carbón también son menos favorables; lo anterior se comprobó con la realización de 6 barrenos de diamante, desarrollados en los límites de la subcuenca, obteniéndose en los 6 barrenos resultados negativos. (**Figura III.5**)

Por la ubicación de los barrenos realizados se considera que es necesaria una mayor exploración hacia el centro de la subcuenca, ya que las localidades exploradas están en el límite de la subcuenca y pudiese tratarse de zonas en donde ya estén erosionados los mantos de carbón.

III.2.5.2. Mina El Alce.

Se localiza en el flanco este, en la porción centro de la sierra La Ventana, en las coordenadas UTM 033116 E y 2945874 N. El acceso se realiza partiendo de Candela, Coah., por la carretera No. 30

rumbo a Monclova, aproximadamente a 10 km, se encuentra la entrada al rancho San Pedro (Lomas Blancas), se continúa hacia el sur por camino de mano de obra, cruzando los terrenos del Sr. Ernesto Salinas, con recorrido aproximado de 13 km, se llega a la entrada de la obra.

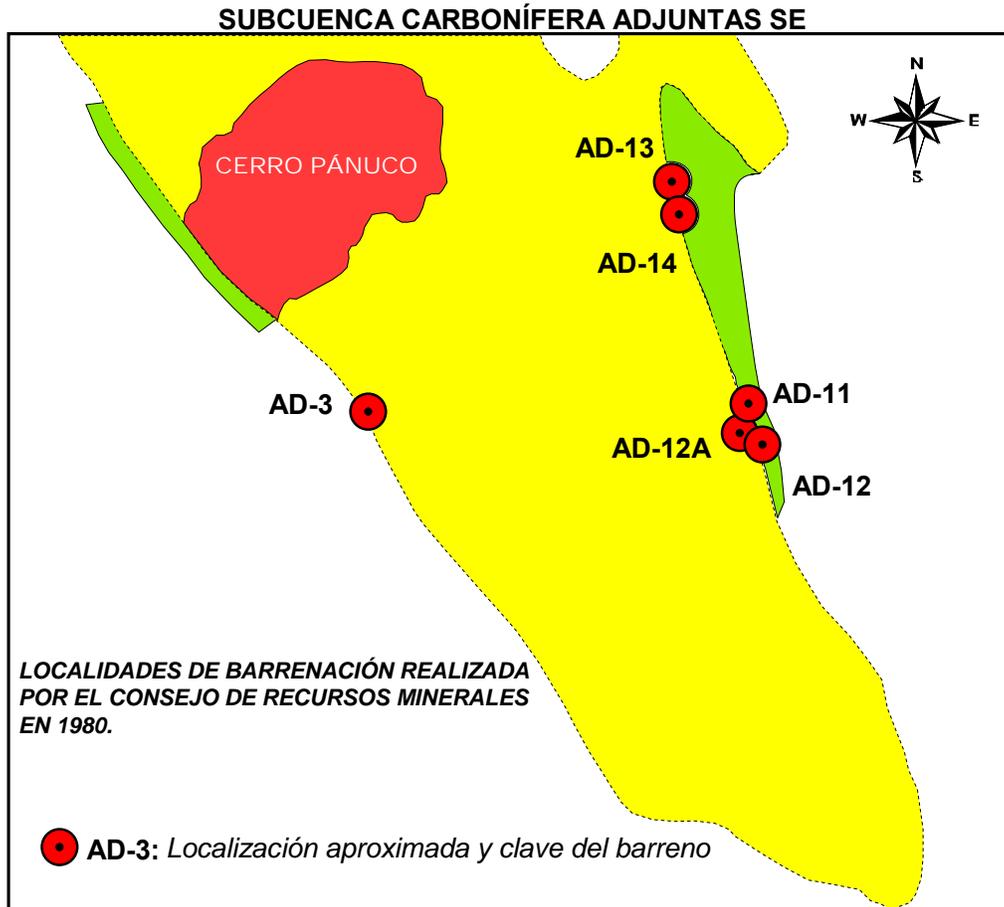
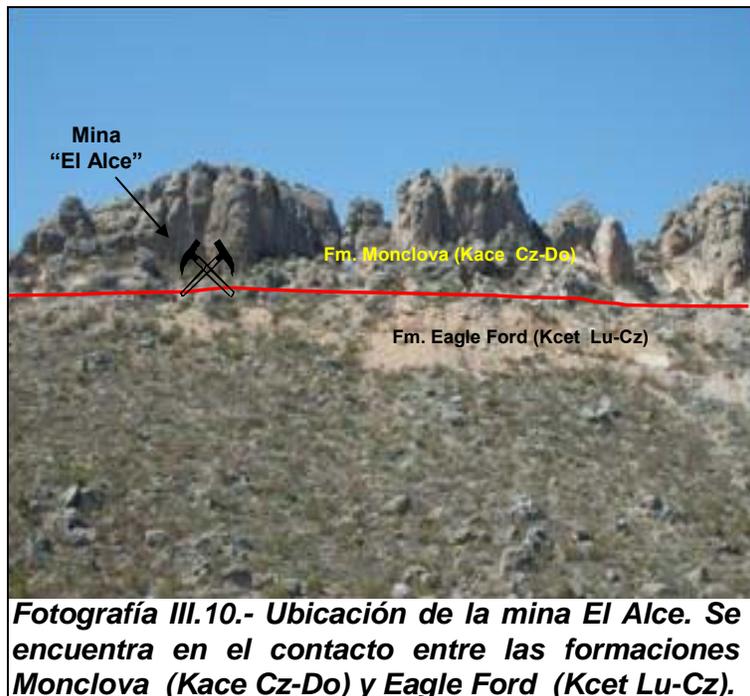


Figura III.5.- Localización de barrenos realizados por el Consejo de Recursos Minerales en 1980.

No se logró recabar información de los trabajos desarrollados en esta mina. Por comunicación personal de los lugareños se sabe que se explotaba una variedad de fosforita.

La mineralización que se observa en pequeños terreros, son minerales de calcio como calcita y aragonito, posiblemente colofano como mena del fósforo. Algunas manifestaciones de sílice en forma colofano (calcedonia) como relleno de algunas vetillas, es de color castaño a naranja y presencia de hematita diseminada.

La roca encajonante es el contacto entre las formaciones Monclova (Kace Cz-Do) y Eagle Ford (Kcet Lu-Cz). (**Fotografía III.10**)



Las obras mineras fueron desarrolladas de forma irregular, sin un patrón establecido. Se trata de catas, socavones y tiros en todas direcciones, siguiendo vetillas y zonas de brechamiento entre las dos formaciones, se llegaron a contar 15 de estas obras, en su mayoría de pequeñas dimensiones.

No se cuantificó el yacimiento, debido a lo irregular y el poco acceso a las obras. Además se cree que se agotó la estructura o el material extraído, por lo que fue abandonada. No se tomó muestra ya que ni terreros existen.

El origen de estos fosfatos se cree derivan del apatito de las rocas magmáticas disuelto en el mar y es fijado por animales y vegetales (p.e. huesos con 60 % de fosfatos, dientes con 90 %, excrementos, etc.), a su muerte, se forman nuevas soluciones de fosfatos y pueden precipitar directamente, o bien, lo que es más frecuente, reemplazar total o parcialmente a los sedimentos. Las rocas fosfatadas se forman sobre la plataforma continental o en su borde (entre 50 y 200 m), contienen frecuentemente glauconita y elementos clásticos (cuarzo, p.e.), o incluso hidrocarburos.

III.2.6. Rocas dimensionables

Banco de material Campo Real.

Se localiza en la esquina noreste de la carta, y aproximadamente a 1.5 km del rancho Campo Real (Abandonado), se ubica en las coordenadas UTM 0332621 E y 2959103 N.

El acceso se realiza partiendo de Candela, Coah., por la carretera No. 30 con rumbo a Monclova y a los 7 km se encuentra la entrada al rancho Campo Real, se continúa por camino de mano de obra por aproximadamente 5 km, y se llega al banco de material.

El material que se ha explotado es caliza arcillosa de color gris claro a castaño claro, textura de grano fino, estructura compacta y se encuentra en estratos de hasta 0.25 m de espesor que se intercalan con lutita calcárea, con rumbo N 28° W y buzamiento de 20° SW, de la Formación Eagle Ford (**Kcet Lu-Cz**). (**Fotografía III.11A, B**).



Fotografía III.11.- Banco de material Campo Real. Explotación de capas de caliza arcillosa.

Las dimensiones del banco son dos zonas de aproximadamente 30.00 m de largo por 3.00 m de ancho.

El material extraído se ha utilizado en la construcción como pisos, fachadas y mampostería.

Actualmente se encuentra inactivo.

IV. MODELO DE YACIMIENTOS

IV.1. MODELO DEL YACIMIENTO MINA PÁNUCO

Los pórfidos cupríferos como en el caso de la mina Pánuco, constituyen un grupo muy variado de depósitos minerales y con una amplia diversidad de características, por lo que quizás deberían ser analizados caso a caso, pero estos grandes depósitos minerales también comparten muchos rasgos comunes lo que ha permitido realizar varias generalizaciones y el desarrollo de modelos empíricos. (Maksaev 2003)

A continuación se muestra un modelo clásico de yacimientos de tipo pórfido cuprífero, que es aplicable al yacimiento del cerro Pánuco. (Figura IV.1)

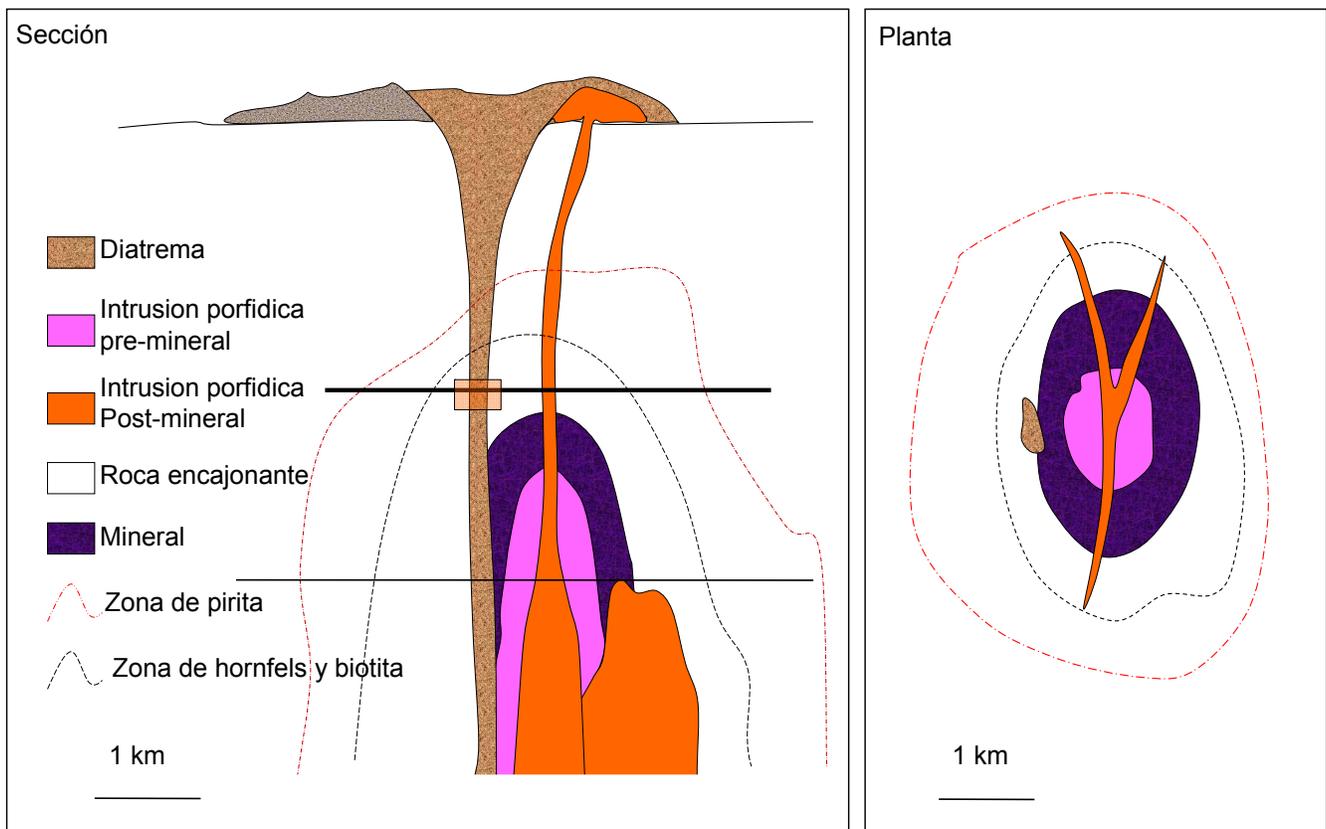


Figura IV.2.- Modelo clásico de depósitos de pórfido cuprífero (Sutherland Brown, 1976), tomado de presentación realizada por la compañía Grupo Minero Pánuco, S.A. de C.V.

Como se sabe los yacimientos del tipo pórfido cuprífero tienen una amplia distribución, y están asociados con límites convergentes. Algunos de los yacimientos más grandes del mundo de Cu, Mo y Au corresponden a este tipo de yacimientos, cuyos sistemas están relacionados estrechamente a plutones subyacentes, a paleopropiedades de 5 a 15 kilómetros (Sillitoe 2010), que representan las cámaras de suministro para los magmas y los fluidos, que se alargan de manera vertical (> 3 kilómetros) en forma de stocks o diques (apófisis) que se emplazan en la roca encajonante, así como la mineralización asociada a estos. La composición de la roca encajonante puede determinar el tamaño, el grado, y el tipo de mineralización generada en el sistema de pórfido de Cu. A continuación se muestra un modelo generalizado de alteraciones que puede estar presente en este tipo de yacimientos. (Figura IV.1)

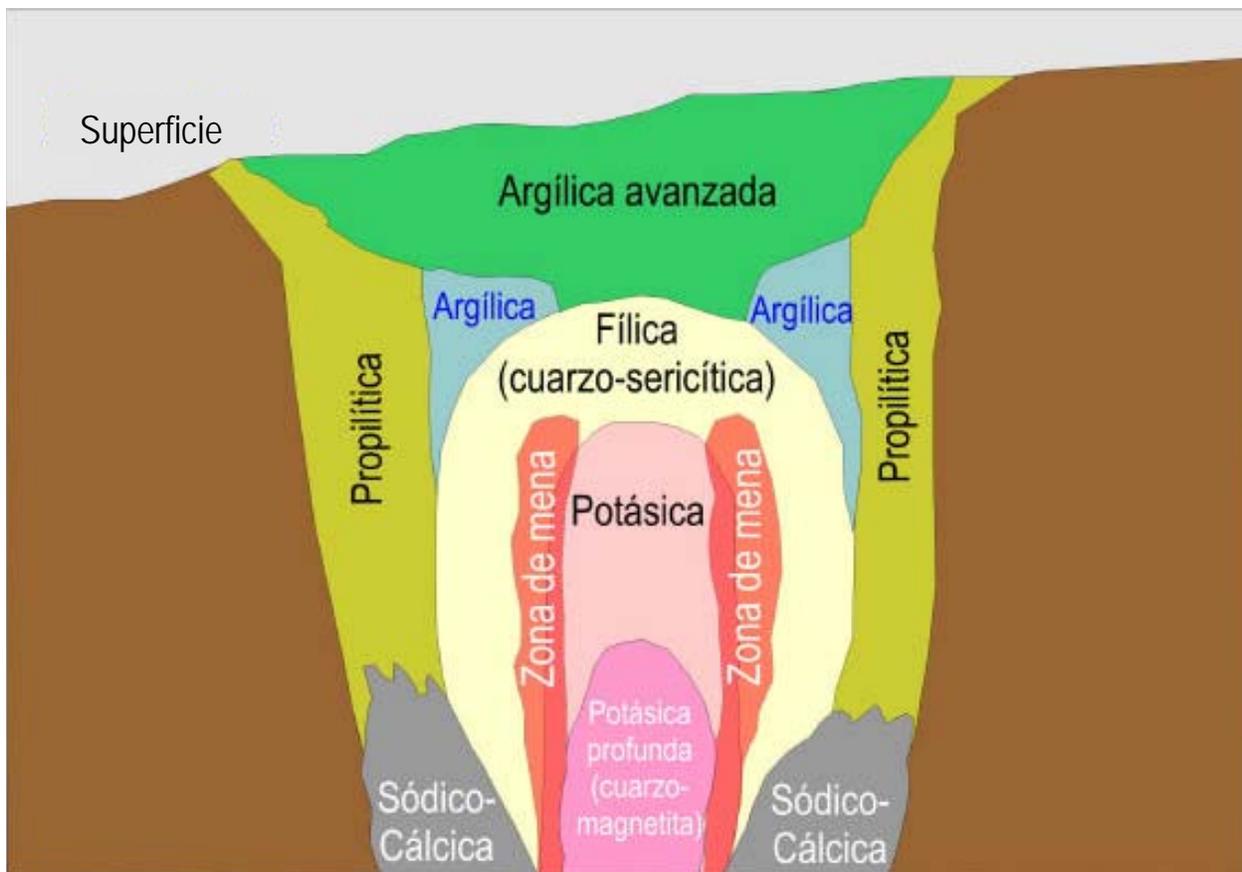


Figura IV.1.- Modelo de distribución de zonas de alteración hidrotermal en un pórfido cuprífero. Tomado de Makshev 2004.

IV.2. MODELO DE YACIMIENTO MINAS LA REYNA Y EL ALACRÁN

Aunque en el capítulo anterior se menciona que el posible origen de los yacimientos de las minas La Reyna y El Alacrán se generaron por el emplazamiento de intrusivos en el Eoceno y se menciona también la poca respuesta observada en la carta magnética de campo total dicho fenómeno también podría explicarse por medio de un modelo de yacimiento del tipo estratoligado. En la tesis doctoral de González Sánchez del 2008, se habla de los yacimientos minerales tipo Mississippi Valey o (MVT; Mississippi Valey Type) en dicho trabajo se propone una nueva provincia metalogenética "Provincia MVT del Noreste de México" (PMNM), la cual comprende casi todo el estado de Coahuila y porciones de los estados vecinos de (Nuevo León, Durango, Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí. Los tipos mineralógicos de depósitos presentan un zoneamiento claro con depósitos de celestita en el sur y de Zn-Pb y barita en la parte central de la Cuenca de Sabinas los depósitos de Zn-Pb son en sentido estricto los depósitos tipo Mississippi Valey. Dicho zoneamiento está asociado a ciertos elementos paleotectónicos y/o paleogeográficos de carácter regional establecidos durante el Triásico-Jurásico. Con base en esa distribución González-Sánchez (2008) subdivide a la PMNM en cuatro subprovincias, La Sur (Celestita), la Central (Zn-Pb), la Central (Barita) y la Norte (Fluorita). Las características geológicas en dichos yacimientos implican una interrelación muy estrecha entre los eventos tectónicos, las formaciones litoestratigráficas y la evolución físico-química de los fluidos involucrados. Asociados a la orogenia Laramide.

Este tipo de depósitos epigenéticos estratoligados se originan por hidrotermalismo de baja temperatura y se hospedan en rocas carbonatadas y/o evaporíticas (González-Sánchez 2008 *op. cit.*). Los fluidos mineralizantes fueron mayormente salmueras de cuenca movilizadas por presión

litostática y por efectos de la orogenia Laramide. Los cuerpos mineralizados se produjeron por reemplazamiento de estratos de evaporitas (depósitos de barita y celestita), o por relleno de cavidades paleokársticas en carbonatos de arrecife (depósitos de Zn-Pb) como en el caso de las minas La Reyna y El Alacrán, la confirmación de este tipo de depósitos es relativamente escasa muchos de ellos han sido recientemente tipificados como MVT.

(Figura IV.3)

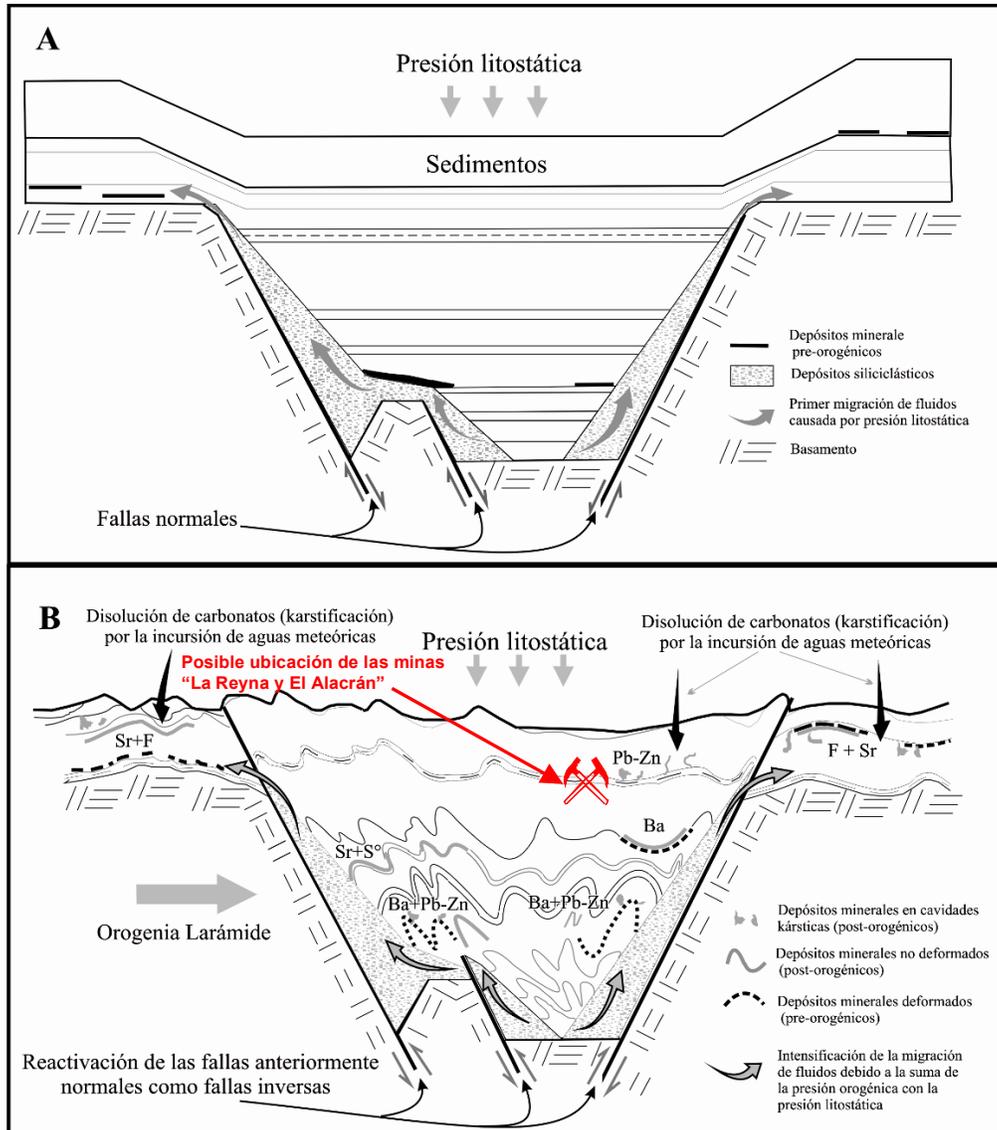


Figura IV.3.- Modelo esquemático propuesto de las principales etapas de mineralización para los depósitos de la Provincia metalogenética MVT del Noreste de México. Posible ubicación de las minas La Reyna y El Alacrán. Tomado y modificado de González Sánchez 2008.

IV.3. MODELO DE YACIMIENTO DE CARBÓN

El origen de los depósitos de carbón se encuentra estrechamente ligado a la gran acumulación de materia orgánica en un ambiente pantanoso, pasando previamente por una fase de "turba". Este concepto ha sido aceptado desde 1825 y se basa en varios aspectos dentro de los cuales destacan:

la presencia de restos vegetales, depósitos de agua dulce o salada, la presencia de raíces y tocones (resto de troncos) encontrados en las arcillas situadas debajo de los mantos de carbón, lo que indica un crecimiento y acumulación de la materia vegetal “in situ”, que permite clasificar además a estos depósitos como autóctonos. **(Figura IV.4)**

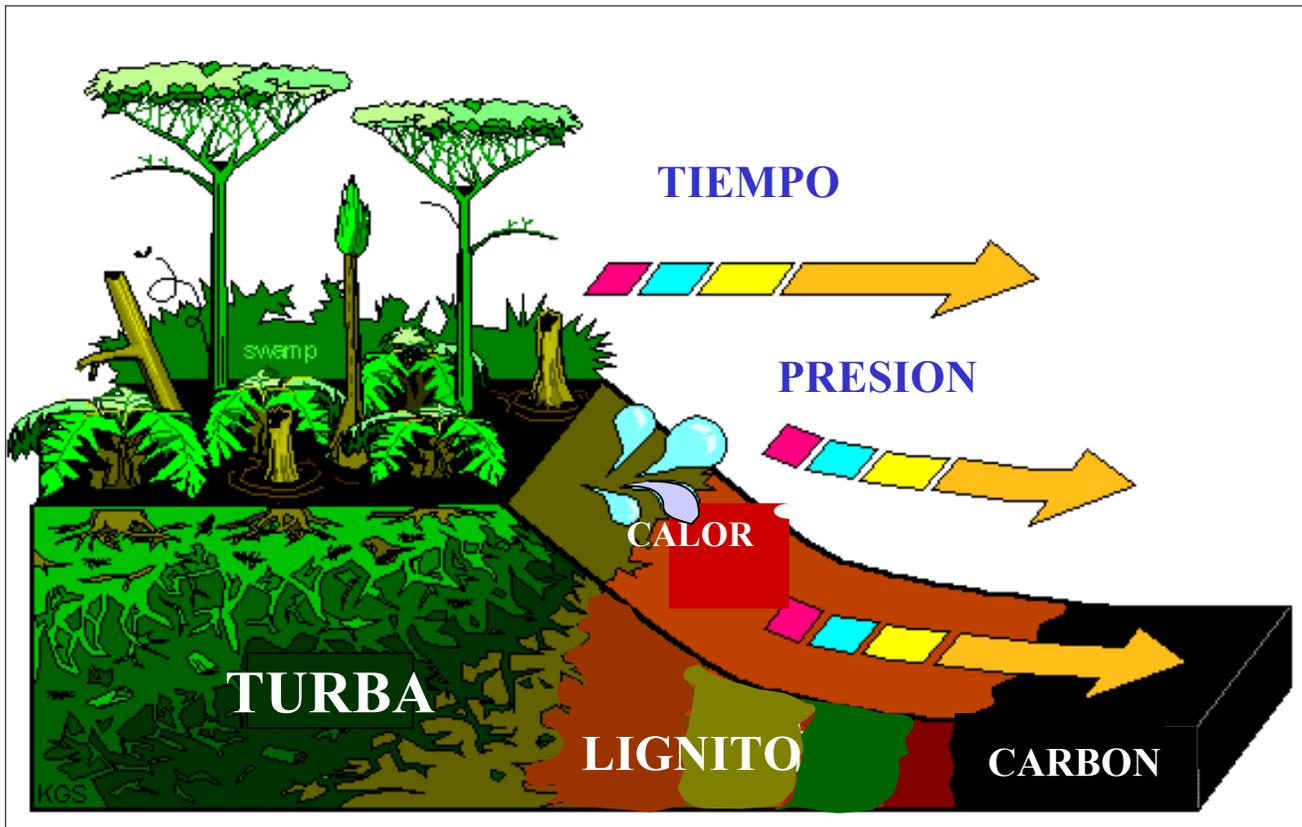


Figura IV.4.- Esquema que muestra el aporte de materia prima en la formación del carbón. (Mine permits. Ky:gob)

De acuerdo a estudios especializados de los carbones de esta región, se ha podido definir que la vegetación que dio origen a los mantos de carbón se encontraba constituida principalmente por helechos, licopodios y fanerógamas, junto con coníferas y otras plantas. La presencia de raíces arqueadas y bulbosas de árboles como la “sigilaria” y “lepidodendro” permiten identificar un ambiente de formación dentro de un cuerpo de agua dulce.

Flores G. E., en 1984, realiza numerosos estudios sobre el carbón en la región y refiere lo siguiente: hacia fines del Campaniano, durante la regresión marina en toda el área del futuro golfo de México, se formó un complejo deltáico con transporte de oeste a este. El primer registro es el depósito de un paquete de arenisca, interpretado como la parte frontal del complejo deltáico (Formación San Miguel). Sobre este paquete se depositó una unidad con espesores de 10 a 40 m con mantos de carbón de forma lobular. El ambiente de depósito se interpreta de facies típicas de llanura de delta del tipo “dominante de ola”. Los lóbulos aquí encontrados muestran una orientación noroeste-sureste con dimensiones laterales reducidas y ligados a depósitos de playa y probablemente también de laguna. Así directamente sobre la Formación San Miguel se localizan los mantos más potentes y homogéneos con espesores de uno a dos metros. En las áreas de interlóbulo el aporte de vegetación fue discontinuo provocado por las invasiones marinas. Aquí, en general los mantos son numerosos en la vertical pero rara vez alcanzan espesores superiores a 1.0 m.

Paleogeográficamente en el campo carbonífero de Coahuila se establecen 3 grandes áreas de oeste a este (Flores G. E., 1984): En la primera hay lóbulos poco desarrollados con predominio de facies continentales. En la parte central los lóbulos se encuentran bien desarrollados existiendo un equilibrio en las condiciones marinas y continentales. (**Figura IV.5**)

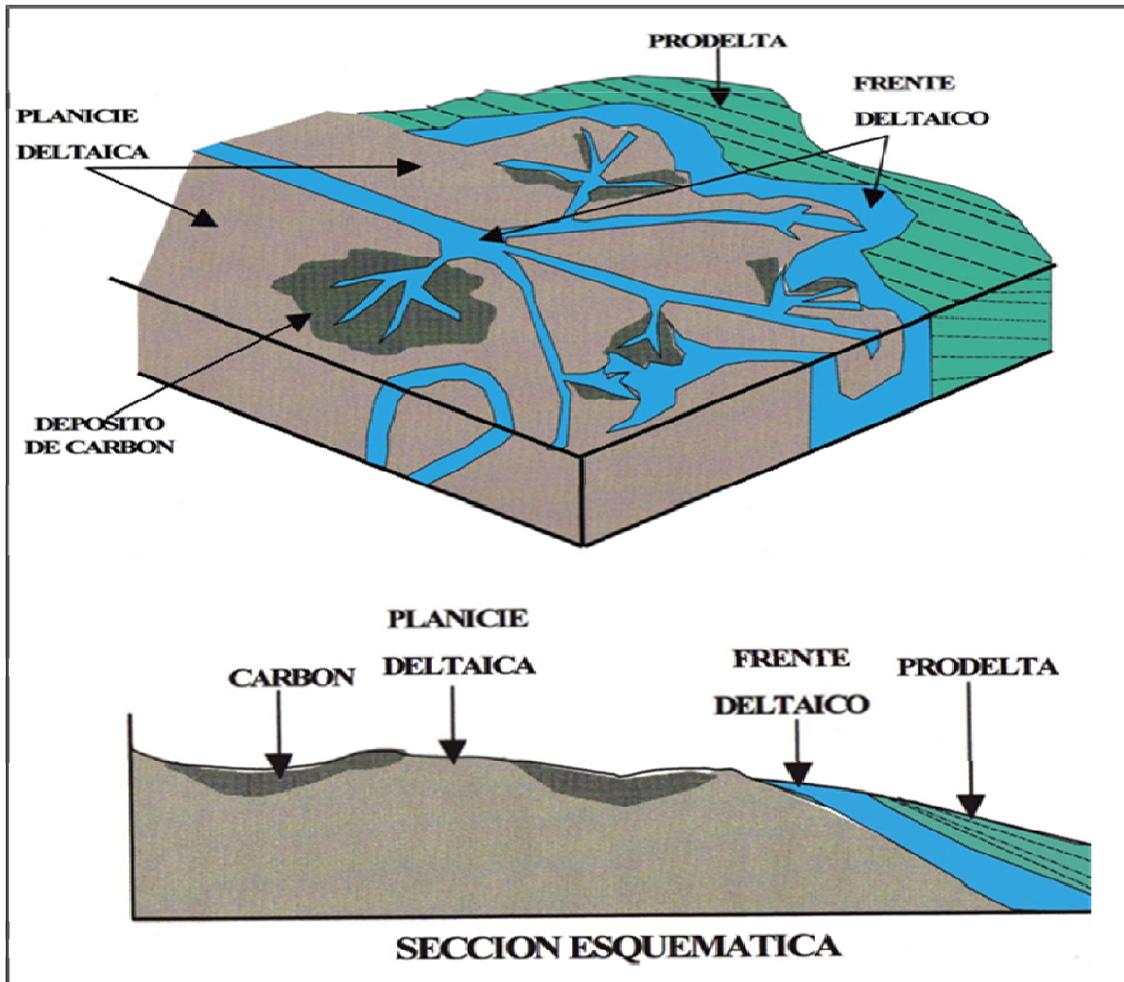


Figura IV.5.- El modelo se basa en que el carbón no sufre erosión ni transporte, sino que se acumula en zonas de pantanos precisamente en donde crecían las plantas. Por otro lado las rocas encajonantes del carbón se depositaron en ambiente de playa o frente deltaico y en estas fases existieron condiciones geológicas favorables para el desarrollo y acumulación de materia orgánica que dio origen al carbón. (Scott A. J., 1987)

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1. CONCLUSIONES

La carta se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, en la parte de la subprovincia Sierras del Norte.

La columna estratigráfica está constituida por rocas sedimentarias cuyas edades varían desde el Jurásico con la presencia de la Formación Minas Viejas, del Cretácico inferior (formaciones Aurora, Kiamichi y Monclova, del Cretácico superior (formaciones Buda, Eagle Ford, Austin, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido), hasta el Cuaternario (coluvión y aluvión). También se presentan rocas ígneas intrusivas que afectan hasta las rocas del Cretácico superior, de composición granodiorítica, que forman stocks, apófisis y sills.

Las estructuras son características de los rasgos estructurales de la parte noreste de México, se encuentran relacionados con la transgresión del mar del golfo de México, la orogenia Laramide y al retroceso de la placa Farallón durante el Terciario medio a tardío. Formando principalmente estructuras del tipo anticlinal y sinclinal. Y posteriormente ser afectadas por fallas de tipo normal.

Dentro del contexto de terrenos tectonoestratigráficos, la carta se ubica en el terreno Coahuila.

Se ubicó una zona mineralizada denominada Pánuco, dentro de la que se localiza la mina Pánuco. Actualmente se encuentra en explotación.

También se identificó la zona mineralizada La Ventana, en donde se ubican las Minas La Reyna y El Alacrán

Con base en los afloramientos de carbón observados en el tajo Cola de Agua y en el rancho Santa Cruz (ubicados en la carta El Oro) se infirió parte de la cuenca sur de Adjuntas, y se delimitó la zona prospectiva Adjuntas Sur.

V.2. RECOMENDACIONES

Considerando la importancia de los minerales encontrados en la mina Pánuco, se sugiere realizar una campaña de exploración geofísica en los alrededores de la zona de Pánuco, sobre todo en las áreas en donde existen afloramientos de intrusivo.

En la subcuenca Adjuntas Sur, se propone se continúe con los trabajos de perforación hacia el límite poniente del sinclinal La Mesa, en donde pueden estar alojados los mantos de carbón.

Considerando la cercanía de las ciudades de Monclova y Monterrey, su importante crecimiento, se considera que en un futuro cercano se tendrá que generar un mayor número de toneladas de arena y grava, para cubrir la demanda de la industria de la construcción; en este sentido se recomienda tener como puntos importantes: el anticlinal formado por la sierra El Zapatero existentes en la porción sureste de la carta en esta zona es factible la explotación de caliza muy pura y de bajo contenido de sílice, como las que componen a las formaciones Aurora y Monclova.

V.3. PROBLEMAS NO RESUELTOS

No se logró definir si en los límites de las formaciones Olmos y San Miguel, se tiene la presencia de mantos de carbón, debido a que no afloran los mantos en superficie y gran parte de sus contactos

están sepultados por aluvión en el centro del valle del sinclinal La Mesa, que es en donde se infiere que se encuentran.

Al no obtenerse respuesta magnética ni anomalía geofísica del levantamiento ocurrido en la zona de la cañada La Bolsa de Judas, y la presencia de afloramientos de hematita, no fue posible definir si existe un intrusivo a profundidad, que haya sido la fuente de aporte de las soluciones hidrotermales formadoras de las vetas ubicadas en las minas El Alacrán y La Reyna o si se trata de un yacimiento estratoligado del tipo Mississippi Valley, ya que no se tiene conocimiento de estudios detallados, que hayan realizado recientemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros., 1958. Libroto Guía de la Excursión C-5. Boletín de la Asociación de Geólogos petroleros.

Aranda G. J. J., Housh T. B., Luhr J. F., Henry Ch. D. Becker T. y Chávez C. G., 2005. Reactivation of the San Marcos fault during mid-to late Tertiary extension, Chihuahua, Mexico. Geological Society of America. Special paper 393, p. 509-521.

Barbosa L. D., 2000. Carta Geológico-Minera Monclova, G 14 A 52, Escala 1:50,000. Consejo de Recursos Minerales.

Bateman A. M., 1982. Yacimientos minerales de rendimiento económico. Sexta edición. Ediciones Omega, S. A., Barcelona.

Bravo N. J. y Alvarado M. D., 1962. Geología y Exploración de las cuencas carboníferas de Adjuntas y Monclova, Coahuila. Consejo de Recursos Minerales.

Campa M. F. Y Coney P. J., 1983. Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in México. Canadian Journal Earth Science, 20, 1040-1051.

CETENAL., 1976. Carta Geológica San Antonio de Adentro G 14 A 64, Escala 1:50,000. INEGI.

Charleston S., Smith Ch. I., Brown J. B., 1981. Lower cretaceous stratigraphic and structure, Northern Mexico. West Texas Geological Society.

Chávez C. G., 2003. Geocronología ^{40}Ar - ^{39}Ar e isotopía del cinturón de intrusivos Candela-Monclova. UNAM, Instituto de Geología. Centro de Geociencias. Posgrado en Ciencias de la Tierra. Trabajo de investigación.

Chávez C. G., Aranda G. J. J., Molina G. R. S., Cossío T. T., Arvizu G. I. R. y González N. G. A. 2005. La falla San Marcos: una estructura jurásica de basamento multirreactivada del noreste de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario Grandes Fronteras Tectónicas de México. Tomo LVII, Núm. 1, p. 27-52.

Chávez C.G., 2005. Deformación y Magmatismo Cenozoicos en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México. Tesis Doctoral. Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Coney, P. J., 1983. Un Modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del sur y el Caribe. Subdirección de Tecnología de Exploración del IMP. Universidad de Arizona.

Coney, P. J. y Campa, M. F., 1984. Terrenos sospechosos de aloctonia y acreción del occidente y sur del Continente Norteamericano. Bol. Depto. Geol. Uni-Son., Vol. I, No.1 pp. 1-24.

Consejo de Recursos Minerales., 1993. Monografía Geológico-Minera del Estado de Coahuila. 1a. Edición.

Camprubí A. y Albinson T., 2006. Depósitos epitermales en México: Actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario. Revisión de algunas tipologías de Depósitos Minerales de México. Tomo LVIII, Núm. 1., p. 27-81.

Camprubí A., González P. E., Levresse G., Tritlla J. y Carrillo Ch. A., 2003. Depósitos epitermales de

alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVI, Núm. 1., p. 10-18.

Cuellar-Cardenas, et al. 2012. Límites temporales de la deformación por acortamiento Laramide en el centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 29, núm. 1, 2012, p. 179-203.

De Cserna Z., 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey. Instituto Nacional para la Investigación de recursos Minerales en México. XX Congreso Geológico Internacional.

De Cserna Z., 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey.

Eguiluz de A. S., Aranda G. M y Marrett R., 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. PEMEX y Department of Geological Sciences, University of Texas, at Austin. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V. LIII., p. 1-26.

Fuentes G. E., 2010. Geología y potencial minero de la sierra La Paila. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

Galicia F. J., 1977. Geología de detalle de la cuenca de Las Adjuntas (porción sureste) Estados de Coahuila y Nuevo León. CEDOREM del COREMI.

Goldhammer R. K., 1999. Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico. Geological Society of America. Special Paper 340.

Goldhammer R. K. y Johnson C. A., 2001. Middle Jurassic-Uper Cretaceous Paleogeographic Evolution and Sequence-stratigraphic Framework of the Northwest Gulf of Mexico Rim. University of Texas.

González R. A., Martínez R. A., Izaguirre R. M. A., Barbosa L. D. Santiago C. B., 1998. Carta Geológico-Minera Monclova G 14-4, Coahuila y Nuevo León. Escala 1:250,000. Consejo de Recursos Minerales.

González S. F., 2008. Caracterización y génesis de los yacimientos minerales estratoligados de celestita, barita, fluorita y plomo-Zinc del noreste de México. Tesis Doctoral. Centro de Geociencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hill R. T., y Vaughan, T. W., 1898. Geology of the Edwards plateau and Rio Grande plain adjacent to Austin and San Antonio, Texas., with reference to the occurrence of underground waters. U. S. Geol. Survey., a. Rp. 18, p. 193-321, 11 maps.

Humphrey W. E., 1956. Jurassic and Lower Cretaceous stratigraphy and tectonics of north of Mexico.

Humphrey W. E., 1953. Upper Jurassic oil possibilities in eastern Mexico. PEMEX.

INEGI. 1993. Espaciomapa Monclova, hoja G 14-4, Elipsoide Clarke de 1986. Esc: 1:250,000.

Lindgren W., 1913. Mineral Deposits, New York: McGraw-Hill.

Lindgren W., 1933. Mineral Deposits, 4th ed., New York: McGraw-Hill.

López I. M., 1986. Petrología y Radiometría de rocas ígneas y metamórficas de México. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Boletín de AMGP. V. 38., p. 59-98.

- López R. E., 1979. Geología de México. Tomo II. Edición Escolar., p. 187-243.
- Mc Bride E. F. and Caffey K. C., 1979. Geologic report on upper cretaceous coal-bearing rocks, Rio Escondido Basin, Coahuila, Mexico. Comisión Federal de Electricidad. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XL, Nos. 1 y 2., p. 21-47.
- Niggli, P., 1929. Ore Deposits of Magmatic Origin, tr. H. C. Boydell, London: Thomas Murby.
- Ortiz H. L. E. y Castillo N. F., 1997. Estudio metalogenético preliminar de los yacimientos estratiformes de estroncio de las Sierras de la Paila y Alamitos, Estado de Coahuila. Consejo de Recursos Minerales.
- Padilla y Sánchez R. J., 1986. Post-Paleozoic Tectonics of Northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of México. Instituto de Geología de la UNAM. Geofísica Internacional. Vol. 25-1., p. 157-206.
- Pettijhon F. J., 1957. Sedimentary Rocks. (1a. ed.) Nueva York, Maper & Bros.
- López R. E., 1982. Geología de México, Tomo II. 3ra. Edición.
- Price Jr. J. F., 1944. Preliminary report on the Panuco molybdenum mine, state of Coahuila, Mexico. Archivo Técnico SGM. 050-122.
- Raisz E., 1964. Physiographic Provinces Landforms of México. Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge, Mass. Second, corrected edition.
- Robeck R. C., Pesquera V. R. y Ulloa A. S., 1956. Geología y depósitos de carbón de la región de Sabinas, Estado de Coahuila. United States Geological Survey. CEDOREM del COREMI.
- Santiago C. B., Martínez R. L. y Ontiveros E. E., 2001. Carta Geológico-Minera Estación Baján G 14 A 53, Escala 1:50,000. Consejo de Recursos Minerales.
- Secretaría de Economía. 2003. Perfil del mercado del granito. Coordinación General de Minería. Dirección General de Promoción Minera.
- Schulze Z. Gustavo., 1954. Informe preliminar sobre el yacimiento de molibdeno y cobre llamado "El Pánuco", situado al E-SE de Monclova, estado de Coahuila. SIGMA-CRM. TI 050036.
- Scott A. J., 1987. Caracterización de reservas en la cuenca Fuentes Río Escondido. Inédito.
- Sedlock R. L., Ortega G. F. and Speed R. C., 1993. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico. The Geological Society of America. Special Paper 278.
- Servicio Geológico Mexicano, 2008. Actualización de la monografía geológico-minera del estado de Coahuila.
- Sillitoe H. R., 2010. Porphyry Copper Systems. Society of Economic Geologists, Inc. v. 105, pp. 3-41
- Tardy M. y Martínez R. J., 1976. Estructura de la Sierra Madre Oriental (sector transversal, Estado de Coahuila). Instituto de Geología de la UNAM. III Congreso Latinoamericano de Geología. Excursión No. 3. Biblioteca UNAM.

Vega V. F. J. y Perrilliat M. del C., 1989. La presencia del Eoceno marino en la cuenca de La Popa (Grupo Difunta), Nuevo León; orogenia Postypresiana. U. N. A. M., Instituto de Geología. Revista vol. 8, Num. 1, p. 67-70.

Wall J. R., Murray G. E. and Díaz G. T., 1961. Geologic occurrence of intrusive gypsum and its effect on structural forms in Coahuila marginal Folded province of northeastern Mexico. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist Vol. 45, No. 9, pp. 1504-1522. 14 figs.