

Universidad Nacional
Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería
en Ciencias de la Tierra



Geología y potencial minero de la sierra La Paila, Mpo. Ramos Arizpe, Edo. Coahuila

TESIS

Que para obtener el
título de:

INGENIERO GEOLOGO

Presenta:

Edith Fuentes Guzmán

Director:

Dr. Carlos Eduardo
Garza González Vélez



Ciudad Universitaria, México D.F., Junio 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

GEOLOGÍA Y POTENCIAL MINERO DE LA SIERRA LA PAILA, MPO. RAMOS ARIZPE, EDO. COAHUILA.

Edith Fuentes Guzmán

Director: Dr. Carlos Eduardo Garza González Vélez.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**Universidad Nacional autónoma de México
Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Junio de 2010.**

Agradecimientos

A **Manuel Fuentes y Aurora Guzmán** por darme la vida, por su inmenso cariño y apoyo, por estar siempre, a ti mamá mil gracias por confiar en mi, muchas gracias...

A **Judith y Esther** por ser las mejores hermanas menores y amigas, por ser cómplices y por seguir dejando admirado a los demás que a pesar del tiempo hacemos un buen equipo...

A **mis profesores** por compartir parte de ustedes para formarme como profesional, muy en especial al **Dr. Carlos Garza González Vélez** por apoyarme para la realización de este trabajo y ser mi guía en los yacimientos minerales. Al **Ing. Germán Arriaga García** por transmitirnos toda su experiencia. Al **Ing. Jorge Nieto Obregón** por sus útiles consejos. Al **M.C. Enrique A. González Torres** por sus enseñanzas, sus palabras y su impulso para continuar. Al **Ing. Fernando Rosique Naranjo** por sus comentarios.

Especialmente a todos los profesores de la división de Ciencias de la Tierra con los que aprendido y compartido a través de los años, prefiero no mencionar ninguno por no pecar que se me olvide algún nombre.

A **todos los amigos** y compañeros de la Facultad de Ingeniería que son tantos que no terminaría de mencionarlos y agradecerles los buenos momentos.

A **todo el personal de GYMSA Geoquímica y Perforación SA de CV**, que colaboro y realizo la cartografía, al Ing. Francisco Meneses Garibay por permitirme presentar este trabajo y a Martín Albarran Guerrero por la modificación de las imágenes, gracias.

Al **Servicio Geológico Mexicano** por el apoyo para realización de este trabajo, a todo el personal de la oficina de Coahuila, a David Barbosa q.e.p.d., por sus enseñanzas y amistad, al personal de la Dirección de Geología en Pachuca y en especial al Ing. **Enrique G. Espinosa Aramburu** por ser amigo, consejero y maestro, mil gracias Henry por tomarte el tiempo para revisar este trabajo.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad y otorgarme un sitio en mi querida Ciudad Universitaria.

A todos, gracias, muchas gracias...



CONTENIDO

RESUMEN	1
I. GENERALIDADES	2
I.1. OBJETIVO DEL TRABAJO	2
I.2. MÉTODO DE TRABAJO	2
I.3. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN	3
I.4. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	3
I.5. CLIMA Y VEGETACIÓN	3
II. FISIOGRAFÍA	5
II.1. PROVINCIA FISIAGRÁFICA	5
II.2. GEOMORFOLOGIA	5
III. GEOLOGÍA	7
III.1. ESTRATIGRAFÍA	7
IV.2. ESTILOS DE DEFORMACIÓN	22
III.3. PALEGEOGRAFÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA	30
IV. YACIMIENTOS MINERALES	35
IV.1. TIPOS DE MINERALIZACIÓN	37
IV.1.1. YACIMIENTOS ESTRATILONGADOS DE CELESTITA Y BARITA	38
IV.1.2. YACIMIENTOS ESTRATILONGADOS DE FLUORITA	39
IV.1.3. DOLOMITA	40
IV.1.5. PROSPECTOS PARA YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE Cu	44
IV.1.4. PROSPECTOS PARA YACIMIENTOS DISEMINADOS DE Au	45
IV.2. DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
BILBLOGRAFÍA	51
ANEXO 1	58
ANEXO 2	61

RESUMEN

Las cartas Sierra La Paila G14-C12 y Las Coloradas G14-A82, se ubican en la porción noroccidental del estado de Coahuila. Cubren una superficie de 1848 km² y se localizan en las provincias de la Planicie Costera del Golfo y Sierra Madre Oriental, subprovincia de las Sierras del Norte (INEGI, 2003).

La base de la columna estratigráfica es la unidad Neocomiano-Aptiano (Kn-Kap? Ar) que corresponde a la Formación San Marcos, constituida por arenisca de grano medio a grueso. Está cubierta por calizas y dolomías de la Formación Acatita (Ka Cz-Y) de edad Albiano inferior. La Formación Treviño (Kace Cz), está conformada por un paquete de caliza que varía de mudstone a wackestone en estratos delgados a masivos. Por su posición estratigráfica tiene una edad del Albiano-Cenomaniano. Le sobreyace un paquete de caliza-lutita con algunas intercalaciones de arenisca y laminillas de yeso denominado Formación Indudira (Kcet Cz-Lu), que por su posición estratigráfica se ubica en el Cenomaniano-Turoniano. El Coniaciano-Santoniano está representado por una secuencia de lutita-arenisca de la Formación Parras. Toda la secuencia mesozoica expuesta está afectada por rocas intrusivas e hipabisales, cuya composición varía de granodiorita a diorita (Te Gd-D). Se diferenció un pórfido andesítico (To PA), así como dos cuerpos dómicos que corresponden a derrames de riolita (To R). Asimismo flujos de lava de composición andesítica (To A). En el Plioceno se depósito conglomerado oligomíctico (Tpl Cgo). En el Pleistoceno la unidad está constituida por basalto (Qptho B). Finalmente, en el Holoceno, ocurren depósitos continentales de aluvión, limos y arenas (Qhoal), depositados en las partes planas que cubren discordantemente a las rocas antes mencionadas.

Dentro de los límites de las cartas existen principalmente yacimientos de minerales no metálicos de celestita, barita, fluorita y dolomita que ocurren principalmente en los bordes de la Sierra La Paila. Todos los yacimientos de celestita y barita se alojan en las capas de caliza-yeso de la Formación Acatita. La mineralización de fluorita está asociada al contacto entre las calizas masivas de la Formación Treviño y las capas calcáreo-arcillosas de la Formación Indidura. Los mantos de dolomita se encuentran en la Formación Treviño.

Los yacimientos de minerales metálicos y no-metálicos son depósitos de celestita, barita, fluorita, dolomita, cobre y oro que ocurren principalmente en los bordes de la sierra La Paila. Asumiendo que las grandes concentraciones de minerales indican también la existencia de procesos característicos, podemos observar un comportamiento regional en el sentido vertical (estratigráfico), ya que este tipo de distribución podría representar un zoneamiento regional para los depósitos estratoligados de celestina, barita y fluorita. Todos los cuerpos de fluorita y dolomita se alojan en las capas de caliza de la Formación Treviño, ya sea justo en el contacto con las arcillas de la Formación Indidura suprayacente o a lo largo de esta. Los cuerpos de celestita y barita que se emplazaron en las capas de caliza-yeso de la Formación Acatita. En la Formación San Marcos se encuentran alojados los yacimientos de cobre estratiforme, que forman parte del cinturón cuprífero de Coahuila, se inicia al sur de La Muralla ubicada al sur de Monclova, llega a Sierra Mojada Coahuila y aparentemente continúa hasta el estado de Chihuahua.

No existen evidencias claras de yacimientos metálicos en las cartas. Solamente se localizan dos minas abandonadas -Beatriz y Ampliación Santa Fe-, en las que no fue posible reconocer ningún tipo de mineralización metálica, y sólo se cuenta con referencias verbales de la existencia del oro.

De acuerdo con las observaciones de campo, es probable que el potencial en el distrito quede abierto para mineral de celestita y fluorita, de hecho la porción centro norte del distrito tendría igualmente buenas expectativas mediante el desarrollo de exploración geológica, tomando en cuenta las guías de mineralización.

En los depósitos similares a MVT la distribución de las facies sedimentarias carbonatadas sugiere un control importante para la concentración de ellos, además de los controles estructurales, geoquímicos y las diferentes combinaciones entre ellos.

I. GENERALIDADES

Este trabajo de tesis forma parte de los trabajos realizados por GYMSA Geoquímica y Perforación para el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Cabe señalar que el SGM instituyó un programa que permite generar la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas y magnéticas, en formato cartográfico escala 1:50,000 y 1:250,000, con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general, de manera completa y eficiente, el servicio de información geológico-minera del país. De esta manera, el SGM explora el territorio nacional, en forma programada y sistemática, con el empleo de metodología, tecnología e infraestructura apropiada para generar información geológica del país y ofrecer productos en medios impresos y electrónicos, basados en aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG). Además, ofrece servicios de análisis químicos, caracterización de minerales e investigación metalúrgica.

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 presente trabajo está basado en dicha información la cual es pública mediante la página de Internet del SGM, y fue elaborado por el personal de la empresa GYMSA Geoquímica y Perforación S.A. de C.V.

I.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente trabajo consistió en el levantamiento de la cartografía y evaluación del potencial minero de la Sierra La Paila, la cual comprende las cartas INEGI Las Coloradas y Sierra La Paila con clave G14-A82 y G14-C12, escala 1:50,000 respectivamente.

Revisar las características de los diversos tipos de yacimientos minerales presentes en la zona para su mejor exploración y explotación.

I.2. MÉTODO DE TRABAJO

La cartografía de la Sierra La Paila se llevó a cabo bajo la metodología diseñada por la Gerencia de Geología y Geoquímica del Servicio Geológico Mexicano, en la que se especifican los procedimientos a realizar tanto en gabinete como en campo con base en la exploración integral programada, es decir, la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas, la cartografía geológico-minera de campo que incluye la definición de unidades litoestratigráficas, zonas de alteración, así como la prospección minera con el inventario e interpretación correspondientes.

En la primera etapa se lleva a cabo la compilación de información bibliográfica. Paralelamente, se procede a la interpretación de la imagen de satélite (Landsat TM).

Los trabajos de campo se inician con el reconocimiento general del área, el cual consiste de lo siguiente:

a).- Descripción de las unidades litológicas y definición de sus relaciones estratigráficas. Medición de datos estructurales, estratificación, fracturas, foliación, direcciones de flujo, fallas y pliegues.

b).- Recolección de muestras para estudios petrográficos. Estos estudios tienen carácter de confidencialidad en el SGM.

Asimismo se realiza la ubicación de los yacimientos minerales que consisten en lo siguiente:

- 1).- Definición del contexto geológico de los yacimientos.
- 2).- Definición de las alteraciones hidrotermales.

Las actividades de gabinete posteriores al trabajo de campo residen en:

Construir la columna estratigráfica en función de las observaciones de campo y datos de laboratorio.

Interpretación de secciones geológicas.

La última etapa es realizar el informe geológico con énfasis en los diversos criterios que permitieron identificar el potencial minero.

I.3. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN

El área de la Sierra la Paila queda situada en la porción sureste y suroriental del estado de Coahuila en los municipios de Ramos Arizpe y General Cepeda Coah. Geográficamente, está limitada por los paralelos 25°45' y 26°15' de latitud norte y los meridianos 101°20' y 101°40' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 1848 km². (Figura 1)

I.4. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso al área de estudio se puede realizar por la carretera federal No. 57, a partir de la ciudad de Saltillo, que pasa por la ciudad de Ramos Arizpe, hasta el poblado de La Paloma, localizado a la mitad de ambas cartas, donde se desprenden una serie de terracerías transitables todo el año, que comunican el sector oriental del área de estudio. Continuando hacia el norte sobre esta misma carretera, se desprende otro camino de terracería que se dirige al poblado de El Sacrificio de donde se derivan distintos caminos que permiten ingresar al sector nororiental de la sierra La Paila; posteriormente, ya fuera de la carta, por la carretera 57 parte otra terracería que se dirige hacia el ejido Las Coloradas de donde ocurren diversos caminos que permiten acceder al sector occidental de la zona estudiada. En la porción sur sobre la carretera 57, se tiene una carretera estatal que se dirige al poblado de San Hipólito, de donde existen distintos caminos que permiten ingresar al sector sur y centro de la carta sierra La Paila.

I.5. CLIMA Y VEGETACIÓN

El estado de Coahuila está situado, en el oriente de una gran área climática denominada como desierto Chihuahuense. Se caracteriza por poseer climas secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses hasta los templados de las partes altas.

El clima seco a semi-seco predomina en el centro y poniente del estado de Coahuila. Prevalece típicamente en sus amplios llanos desérticos y en las bajadas de las Sierras, en terrenos generalmente más bajos que 1400 m de altitud, que contienen suelos típicos de zonas áridas y vegetación de matorral desértico o bien halófilo. De acuerdo con la clasificación de Köppen (1936), el clima es del tipo seco, con lluvias en invierno y escasas el resto del año. Las precipitaciones promedian anualmente entre 100 a 400 mm, la temperatura media del año es de 22°C.

La vegetación está determinada por el clima predomina el sotol (*Desyliron sp.*), lechugilla (*Agave Funkiana*), candelilla (*Euphorbia Antisyphilitica*), maguey (*Agave sp.*), guayule (*Pathenium*), mezquite

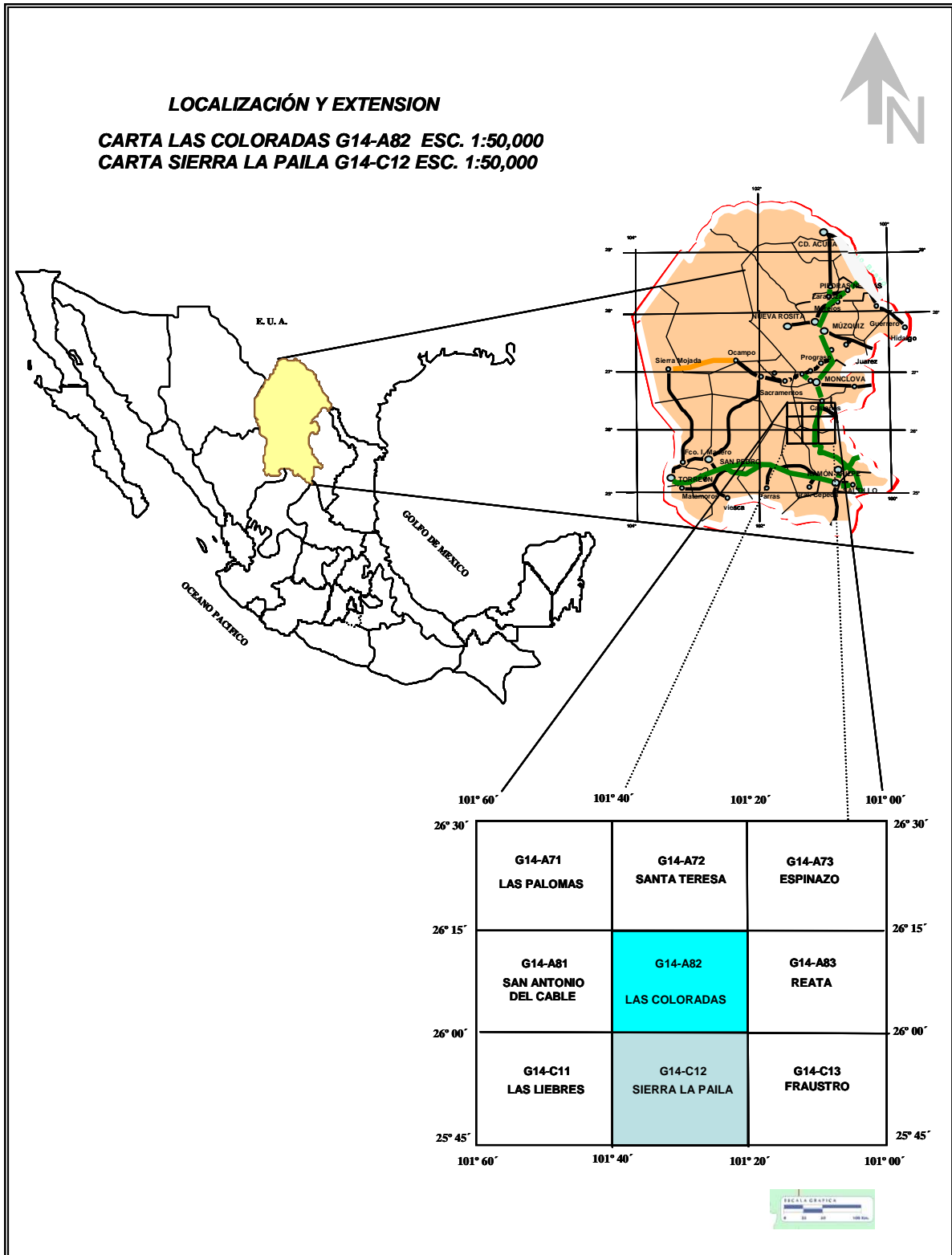


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

(Prosopis Juliflora), uña de gato (Acacia Greggii), engordacabra (Dalen sp.), nopal cegador (Opuntia Microdasys), nopal rastrero (Opuntia Trasera), nopal Tapón (Opuntia Robusta), biznaga (Echinocactus sp.), ocotillo (Fouquieria Splendes), peyote (Atrophytum Asterias), granjeno (Celtis sp.), gobernadora (Larrea Divaricata), hojasén (Flouencia sp.), palma chica (Yuca Filifera), palma real (Yuca Carnerosana) y zacatón Alcalino (Sprobulas sp.) (Arvizu Gutiérrez, 2006).

II. FISIOGRAFÍA

En la sierra La Paila afloran rocas sedimentarias e ígneas de edades muy variadas. Los límites de este elemento están definidos al este por una amplia llanura perteneciente a la paleocuenca de Parras, mientras que hacia el oeste limita con los valles de San Marcos y Pinos. Dentro de este bolsón aparece como un pequeño elemento morfológico de menor importancia, una pequeña meseta constituida por rocas basálticas.

II.1. PROVINCIA FISIOGRAFÍA

El área de estudio se ubica en la Provincia de la Sierra Madre Oriental, dentro del límite oriental de la Subprovincia de la Sierra de La Paila y Pliegues Saltillo-Parras (INEGI, 2003) (Figura 2), las que presentan rasgos del relieve que corresponde a la etapa de madurez con sierras y lomeríos de topografía suave a moderada. Las diferencias de nivel entre las porciones más profundas y las más elevadas son hasta de 900 m, como es el caso del borde occidental de la sierra La Paila y sus porciones adyacentes.

II.2. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico la sierra La Paila conforma un elemento montañoso de moderada altura que se extiende en forma continua con dirección norte-sur desde la Subprovincia de Pliegues Saltillo-Parras hasta la de Sierras y Llanuras Coahuilenses al norte. El relieve de este elemento fisiográfico está vinculado esencialmente a geoformas poco plegadas, ocasionadas a partir del levantamiento de la Sierra Madre Oriental que se ha ligado al cambio abrupto entre la sedimentación carbonatada y siliciclástica (Formaciones Treviño y Eagle Ford).

En esta región, la sierra La Paila presenta una forma semitriangular, con su eje mayor en sentido norte-sur. La máxima altura corresponde a su límite noroeste con elevaciones que llegan a los 2300 metros sobre el nivel del mar. Desde allí el filo de la sierra continúa hacia el norte y sur con alturas suavemente descendentes. La estructura de la sierra La Paila corresponde a un gran pliegue anticlinal.

El área se puede dividir en dos regiones principales: la región de sierra que incluye el paisaje asociado a la sierra La Paila y la región de planicie en donde se distinguen las zonas de pie de monte y la planicie aluvial. El modelado del paisaje en toda la región se debe principalmente a la acción erosiva provocada por las lluvias ocasionales en ambientes de climas áridos y semiáridos, aunque cabe destacar que ha tenido también importancia en el modelado del paisaje, la acción erosiva del viento sobre todo en la región de las planicies.

Los extremos oriente y poniente de la sierra presentan un cierre muy marcado, en donde las rocas se sumergen en la cubierta de material reciente. En estos sectores la red de drenaje es captada por los extensos valles de la cuenca de La Paila y San Marcos y Pinos, respectivamente; en ellos el agua de lluvia deriva hacia las porciones más bajas, su presencia es de carácter muy intermitente; estas se infiltran rápidamente en los cauces de los arroyos y a veces llegan a nutrir las represas existentes en el área. El uso del agua se restringe casi exclusivamente a la ganadería. La planicie aluvial muestra

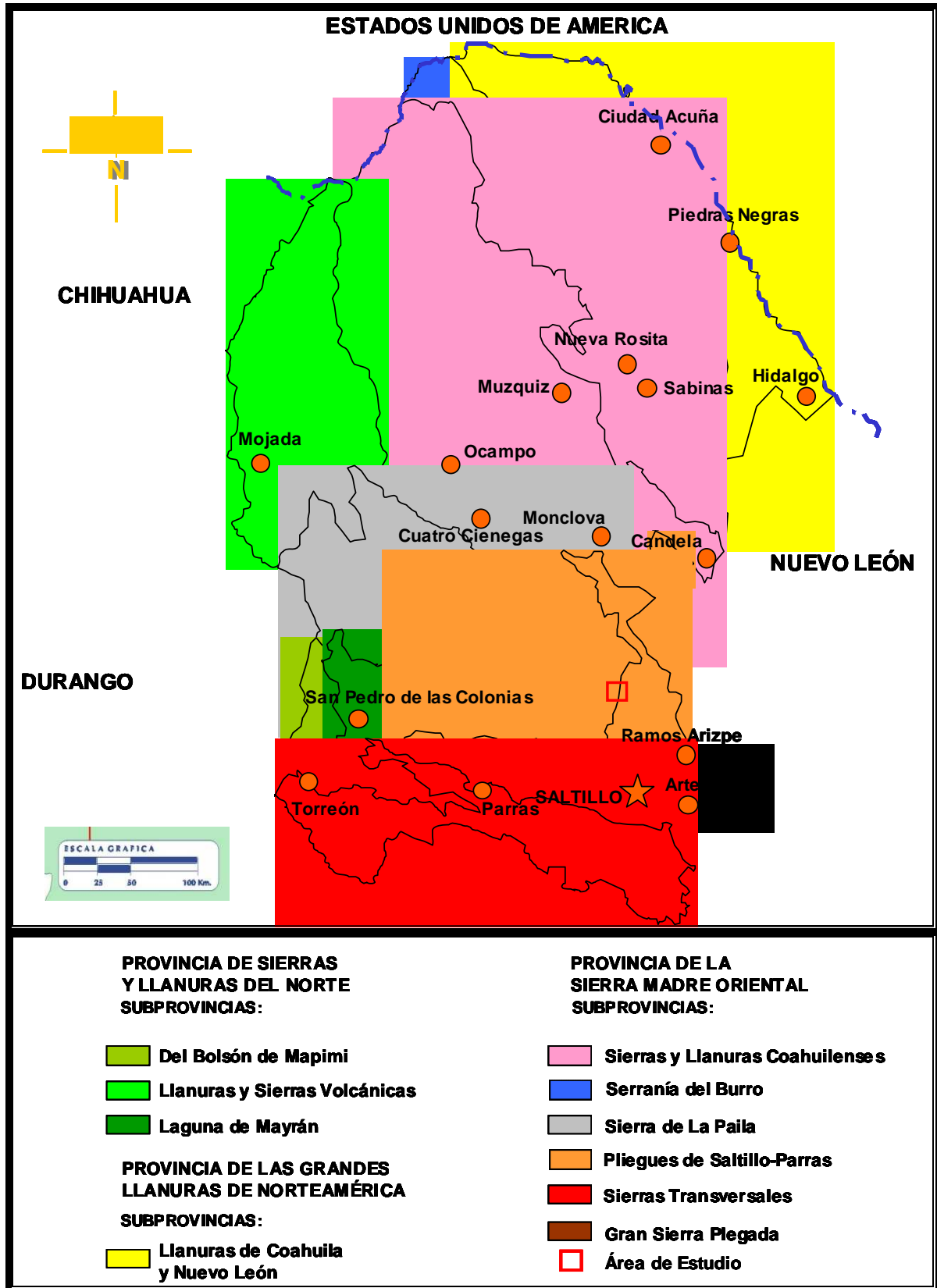


Figura 2. Fisiografía del Estado de Coahuila. Tomado de INEGI 2003.

abundante cobertura de limos y arenas, aunque en algunos sectores se observa mezclada con materiales arenosos dejados por los cauces fluviales.

III. GEOLOGÍA

En la Sierra La Paila, se diferenciaron 15 unidades, de las cuales, siete son de origen sedimentario marino, cinco están asociadas a procesos ígneos y tres corresponden a unidades también sedimentarias depositadas en ambientes recientes como se puede ver en los mapas geológicos correspondientes (Figura 3 y 4). La primera ilustra la pila sedimentaria marina cuya secuencia incluye unidades que se manifiestan a través de un depósito continuo que incluye gran parte del Cretácico Inferior hasta el Cretácico Superior, con edades que varían desde el Neocomiano-Aptiano de la Formación San Marcos (Kn-Kap? Ar) hasta el Maastrichtiano del Grupo Difunta (Kcm Ar-Lu) la litología es predominantemente calcárea. Las unidades detríticas continentales de edad Neógeno y Holoceno, incluye a los depósitos continentales que cubren discordantemente a cualquiera de las unidades de roca depositadas previamente.

La mayor actividad magmática en el noreste de México ocurrió en el Terciario, de acuerdo con Chávez Cabello (2005) durante la cual se emplazaron cuerpos ígneos intrusivos principalmente asociados a la falla de San Marcos, así como una serie de derrames de rocas volcánicas. Los primeros intrusionan y fracturan a la secuencia sedimentaria y los segundos se presentan como mesetas que coronan en algunas partes la secuencia estratigráfica.

III.1. ESTRATIGRAFÍA

Formación San Marcos Arenisca (Kn-Kap? Ar)

Fue definida por Kane (en Imlay 1940) en el potrero de San Marcos con un espesor total de 744 m., la cual consiste de 80 m basales de conglomerados arcóscicos color rojo; el miembro medio tiene 510 m de arcosas y subarcosas con granos angulosos, pobremente clasificados de estratificación gruesa con algunas intercalaciones de guijarros; el miembro superior consiste de 154 m de arcosa conglomerática con estratificación media. Los espesores varían conforme la localidad; Humphrey y Díaz (1956), indican un espesor de más de 1000 m para la arcosa San Marcos en el Pozo Ohio-Mex-San Marcos No. 2 ubicado en el Potrero de Barril Viejo, en la Sierra La Purísima, fuera de la zona de estudio. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas.



Figura 5. Arenisca de la Formación San Marcos (Kn-Kap? Ar), ubicada en las inmediaciones de la mina Cielo Azul.

Solamente hay un afloramiento en la porción noroeste de la carta Las Coloradas, que forman los escarpes de las sierras Los Remedios, La Principal y La Margarita, y es propia de la porción sur de la plataforma de Coahuila. Está constituida de la base a la cima por una sucesión de conglomerados y areniscas de color gris claro a verdoso. Su espesor varía de 10 a 20 metros. (Lehmann, 1999; Eguiluz de Antuñano, 2001). Anexo 1.

Localidad:

Cielo Azul. A unos pocos metros al sur de la mina Cielo Azul se puede apreciar arenisca de grano medio a grueso, de color amarillo a pardo, al

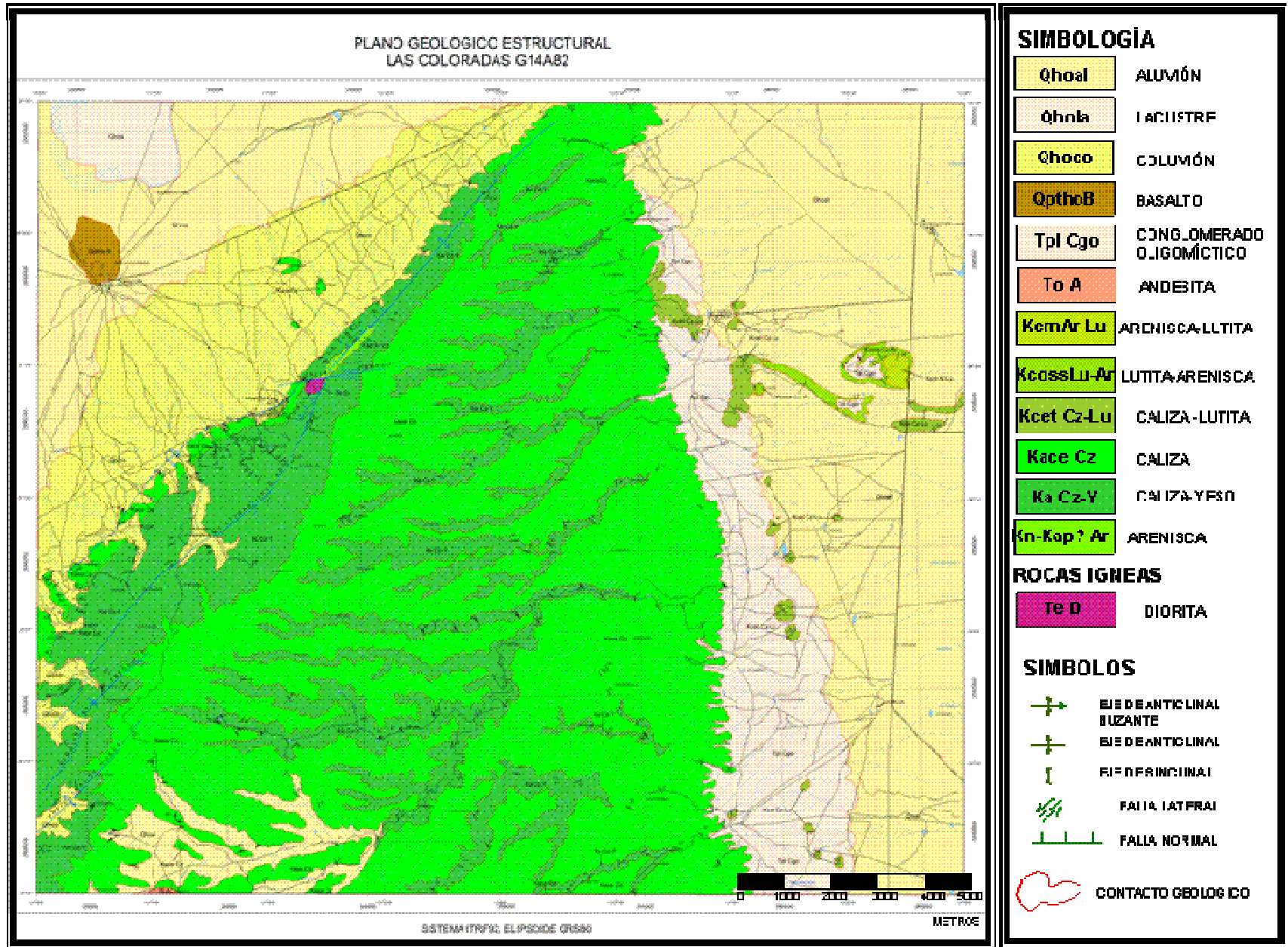


Figura 3. Plano geológico Las Coloradas

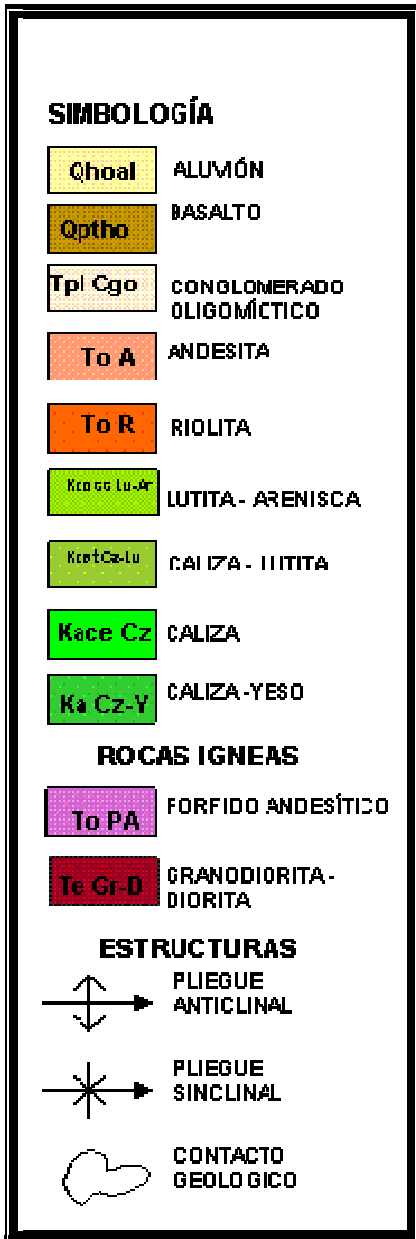
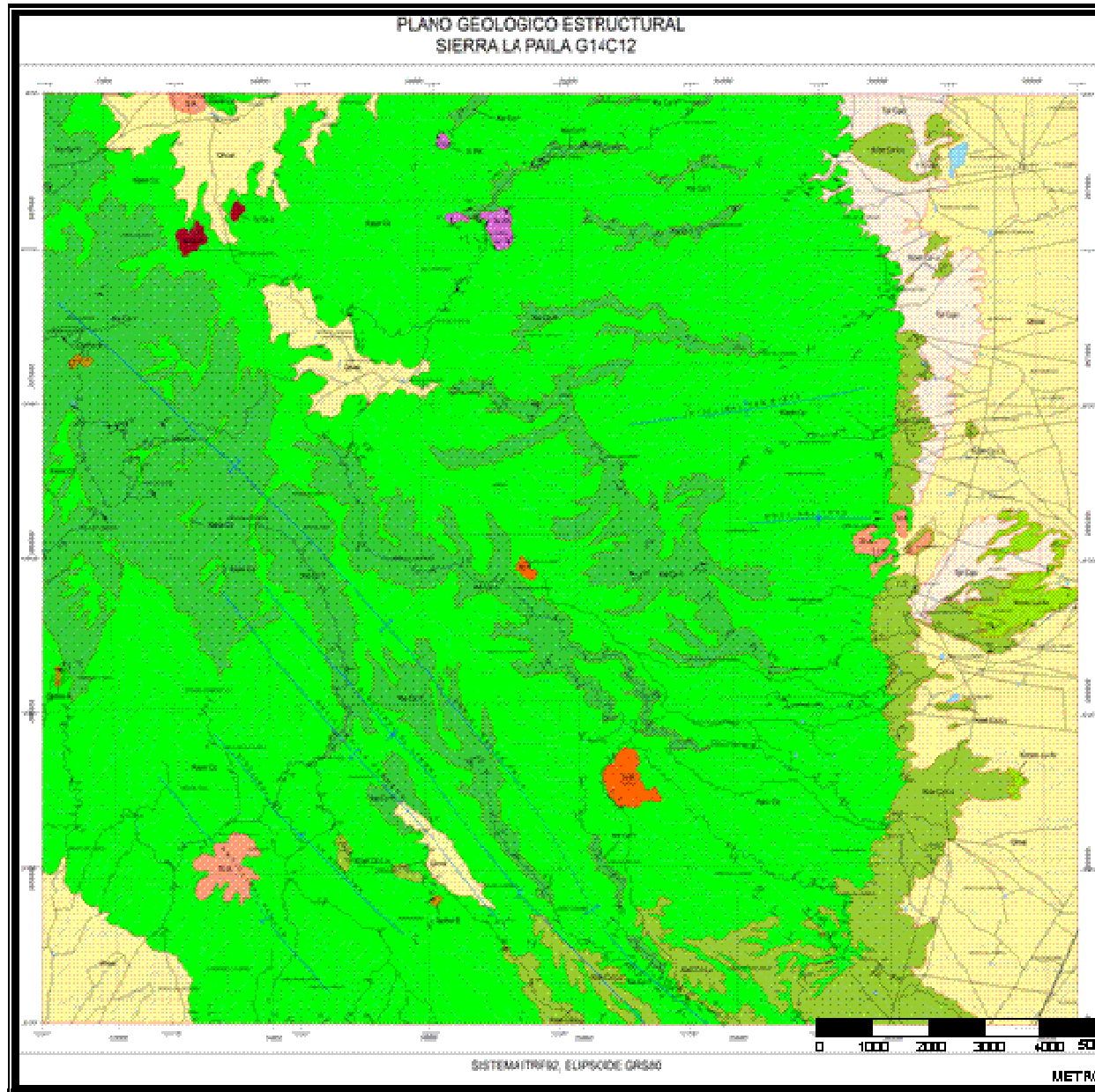


Figura 4. Mapa Geológico Sierra La Paila.

intemperismo es de color ocre, estratificación media a masiva con ligeros horizontes arcillosos, en algunas áreas se presenta alterada, moderadamente fracturada, mal clasificada y fallada, muestra un intemperismo de tipo esferoidal. (Figura 5). Anexo 1

Descansa discordantemente sobre rocas del basamento que corresponden a una secuencia gruesa de rocas marinas del Pensilvánico Medio (?) al Pérmico, así como cuerpos intrusivos del Triásico (Chávez Cabello, 2005) y su contacto superior con la Formación Acatita por falla de tipo normal. Con base a su posición estratigráfica corresponde al Neocomiano y Aptiano Inferior (?) (Charleston, 1973). Se correlaciona en tiempo con el conglomerado expuesto en la Sierra de la Fragua y con las formaciones Las Vigas y Colorada (Santamaría et al., 1991). El medio ambiente de depósito es continental-litoral somero (Charleston, 1973), depósitos de planicies aluviales y fluvial, desarrollados en una cuenca cratónica (Santamaría et al., 1991).

Esta unidad presenta condiciones geológicas favorables para la prospección minera de cobre sedimentario.

Formación Acatita Caliza-Yeso (Ka Cz-Y)

El término Formación Acatita, fue propuesto para una unidad sedimentaria de facies lagunar y evaporítica de edad Albiano inferior medio, la que ocurre en un área considerable en el centro-sur de Coahuila y noreste de Durango, (Humphrey 1956). La localidad tipo de la Formación Acatita se localiza al suroeste y frente a la sierra de Acatita, entre el cañón Grande y Las Uvas, Coahuila. La sección tipo corresponde a la medida por Kelly (1936), justo al este del cañón Pesuña, aproximadamente 3 kilómetros al este y hacia el sur del rancho Acatita. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Es característica de la porción sur de la plataforma de Coahuila correspondiente a la paleoisla de Coahuila. Dentro de la carta se observa principalmente en el fondo de los cañones.

Está constituida por una secuencia de caliza, caliza dolomítica y yeso, la caliza es wackestone de color gris oscuro, presenta nódulos de pedernal. El espesor en sierra La Paila es de 150 a 200 m.

Las características de esta unidad en diferentes sectores (secciones) es la siguiente:

Valle de Los Ángeles. Esta sección se encuentra en la porción centro de la carta sierra La Paila. La caliza dolomítica al intemperismo es de color gris oscuro a negro y en superficie sana de color gris oscuro con una textura sacaroide, compacta, presenta una estratificación que varía de delgada a gruesa llegando a ser ocasionalmente masiva, con estilolitas, lentes y nódulos de pedernal, así como vetillas de calcita, con horizontes arcillosos de poco espesor, aproximadamente de 0.10 m; se observa intemperismo por disolución, la roca se encuentra ligeramente fracturada, en algunas zonas se pueden observar fósiles hacia la base de la unidad. Se encuentra subyaciendo de forma concordante a la Formación Treviño. Anexo 2.

Cañón Tatahilario. Se localiza en la parte noreste de la carta sierra La Paila se puede observar la dolomía de color café en superficie sana y de color gris oscuro al intemperismo con una textura sacaroide. La estratificación varía de delgada a gruesa, la unidad se encuentra compacta, ligeramente fracturada, se pueden observar estilolitas y vetillas de calcita en diferentes direcciones, así como nódulos y ocasionalmente bandas de pedernal. Anexo 2.

Cañón del Carmen. Esta sección se encuentra en la porción centro norte de la carta sierra La Paila y está compuesta por dolomía de color gris oscuro al intemperismo, y de color gris claro en superficie sana; presenta una textura predominantemente sacaroide, con estratificación que varía de gruesa a masiva, con nódulos de pedernal así como estilolitas, la formación se encuentra con fracturas que en ocasiones están rellenas por calcita, se observan algunos horizontes arcillosos de 0.05 m de espesor aproximadamente, con oquedades por disolución, tiene poco afloramiento y los estratos se presentan casi horizontales, subyace de forma concordante a la Formación Treviño. Anexo 2.

Cañón El Mimbres. Esta sección se encuentra en la porción sur centro de la carta sierra La Paila constituida por caliza dolomítica de color gris oscuro al intemperismo y de color pardo oscuro al fresco, presenta textura sacaroide; la roca en esta parte es compacta, la estratificación varía de delgada a gruesa, con ligero fracturamiento, nódulos de pedernal, vetillas de calcita, estilolitas, oquedades y huellas de disolución, con poco ángulo de inclinación; se encuentra subyaciendo de forma concordante a la Formación Treviño. Anexo 2.

Cañón Loma Prieta. Sección ubicada en la parte centro de la carta sierra La Paila con tendencia noroeste-sureste, la unidad está formada por dolomía y caliza dolomítica de color gris a negro al intemperismo y de color gris oscuro a pardo en superficie sana; presenta una textura sacaroide predominantemente, aparece con una estratificación mediana a gruesa con fracturamiento en diferentes direcciones, se observan lentes y nódulos de pedernal, así como vetillas de calcita, oquedades y huellas por disolución, ocasionalmente se manifiestan pequeños horizontes arcillosos de color amarillo a pardo y fósiles muy escasos; está subyaciendo de forma concordante a la Formación Treviño. Anexo 2.

Cañón El Indio. En la presente sección en la carta sierra La Paila, se observa dolomía de color negro en superficie alterada y color gris a negro al fresco con una textura sacaroide; presenta una estratificación que varía de mediana a gruesa con visible fracturamiento en diferentes direcciones, contiene lentes y nódulos de pedernal, presenta huellas de disolución y vetillas de calcita, en ocasiones rellenas las mismas, escasa presencia de fósiles, la unidad se encuentra con intercalaciones de yeso fibroso de 0.30 m a 10 m de espesor aproximadamente de color blanco y bandeamiento negro se observa una ligera flexión en la estratificación dando lugar a que forme un anticlinal. En este sector se tienen las mejores exposiciones de yeso el espesor en esta parte es de 100 m, aproximadamente. Anexo 2.

Cañada La Tinaja. En la porción centro-norte de la carta Las Coloradas, en las cañadas comprendidas como La Tinaja y La Pedrera; se observa dolomía de color gris y al intemperismo es de color gris oscuro, estratificación gruesa a masiva, textura sacaroide, moderadamente fracturada, erosión por disolución y presencia de fósiles. Anexo 1.

Cañada El Diente. En la parte centro de la carta Las Coloradas, en las cañadas El Diente y El Orégano, la unidad está conformada por caliza y dolomía, aumentando esta última hacia la parte central de dichas cañadas; es de color gris oscuro y al intemperismo de color gris claro, con estratos que van de delgados a masivos, textura mudstone en caliza y sacaroide en dolomía, es compacta, presenta erosión por disolución, vetillas rellenas de calcita, fracturas perpendiculares a la estratificación y líneas estilolíticas. Anexo 1.

Cañada Treviño. Al centro-sur de la carta Las Coloradas en el norte de la cañada Treviño se distingue una caliza y en algunos puntos dolomía, de coloración pardo claro y al intemperismo gris claro, que va de estratificada a masiva; textura de wackestone a ocasionalmente sacaroide en dolomía: se puede observar moderada y altamente fracturada, con erosión por disolución, compacta y con fracturas y oquedades rellenas por calcita, así como estilolitas bien definidas. Al sur de la cañada Treviño hay predominio de dolomía de color gris claro e intemperismo gris oscuro, con estratos que van de delgados

a gruesos y esporádicos horizontes arcillosos de hasta 0.15 m, presenta textura sacaroide, erosión por disolución, vetillas de calcita, compacta, ligeramente fracturada, fragmentos de fósiles y estilolitas bien definidas. (Figura 6). Anexo 1.

Cielo Azul. A lo largo del anticlinal Cielo Azul dentro de la carta Las Coloradas, predomina dolomía y en menor proporción caliza, la dolomía se observa de color gris oscuro y al intemperismo es de color gris claro con textura sacaroide y la caliza es de color gris claro y al intemperismo es de color gris, textura que va de mudstone a wackestone; en forma general presenta una estratificación de gruesa a masiva, algunas vetillas rellenas de calcita, erosión por disolución, fracturada y fallada, lentes y nódulos de pedernal, presenta gran cantidad de fósiles en áreas aisladas, así como la presencia de yeso de color blanquecino cerca al contacto superior con la Formación Treviño. Anexo 1.

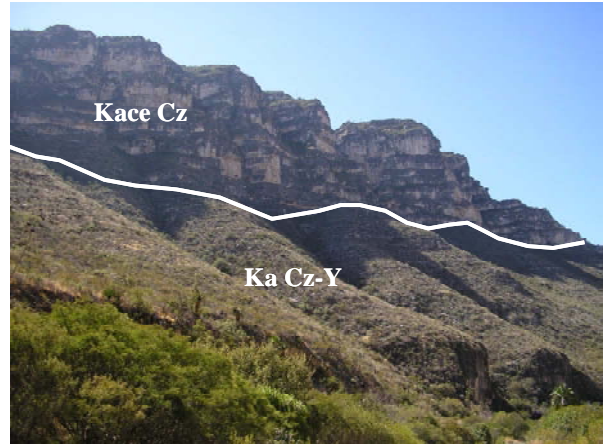


Figura 6. Cañada Treviño, contacto concordante de la formación Acatita (Ka Cz-Y), subyace a la formación Treviño (Kace Cz).

Dicha formación sobreyace a la Formación San Marcos (Kn Ar) mediante falla de tipo normal y subyace concordantemente a la Formación Treviño (Kace Cz). De acuerdo a su posición estratigráfica y contenido fósil Orbitolina Texana (Roemer) (Humphrey y Díaz, 1956), se le asigna una edad del Albiano Inferior Medio. Se correlaciona, hacia el norte con la Formación Glen Rose y con el Grupo Fredericksburg, del centro de Texas. También es equivalente a la Formación Aurora del este de la Sierra Madre Oriental y de la provincia de Sierras y Cuencas de Coahuila.

La caliza dolomítica y evaporita de esta formación indican un ambiente de depósito de plataforma somera y de lagunas marginales respectivamente.

Esta formación presenta las condiciones geológicas favorables para la prospección de yacimientos de celestita y barita.

Esta formación presenta las condiciones geológicas favorables para la prospección de yacimientos de celestita y barita.

Formación Treviño Caliza (Kace Cz)

Garza G. R., (1973), designó formalmente a la caliza que sobreyace a la Formación Acatita como Formación Treviño en la plataforma de Coahuila. La Formación Treviño está constituida por caliza de color gris oscuro de textura packstone y dolomía, así como la presencia de fósiles. Los estratos van de 0.30 m. a 0.80 m y su espesor varía de 20 a 175 m. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta Sierra La Paila.

Aflora en la porción sur de la plataforma de Coahuila, correspondiente a la paleoisla de Coahuila. Se observó en la sierra La Paila, principalmente en la cima de las sierras.

Localidad:

Cañón de Tatahilarío. Esta sección se encuentra en la porción noreste de la carta sierra La Paila, la caliza es de color gris oscuro a pardo en superficie intemperizada y color gris al fresco, muestra una textura wackestone; la estratificación varía de gruesa a masiva. Ligeramente fracturada, presenta oquedades, huellas de disolución, estilolitas, vetillas de calcita, nódulos y bandas de pedernal, así como

escasa presencia de fósiles, la roca sobreyace en contacto concordante a la Formación Acatita. Anexo 2.

Cañón del Tenistete. La sección comprende el área noreste de la carta sierra La Paila estando representada por caliza dolomitizada de color gris claro al intemperismo y de color gris oscuro en superficie sana; la textura que se observa es wackestone, con estratificación que varía de delgada a gruesa, fracturamiento moderado, presenta vetillas de calcita, se observan oquedades y huellas de disolución debido al intemperismo predominante, se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Acatita y subyaciendo de igual forma a la Formación Indidura. Anexo 2.

Cañón de la Pinta. Dentro de la carta sierra La Paila se encuentra una caliza de color gris oscuro al fresco, de color gris claro al intemperismo, presenta una textura packstone; la estratificación varía de gruesa a masiva, con boudinage, es compacta y moderadamente fracturada, ocasionalmente se encuentra parcialmente dolomitizada, con fragmentos de fósiles, estilolitas, nódulos de pedernal blanco así como también vetillas de calcita, la unidad sobreyace de forma concordante a la Formación Acatita y subyaciendo de igual manera a la Formación Indidura. Anexo 2.

Cañón del Toro y Loma Prieta. Sección localizada en el área oriente de la carta sierra La Paila y consta de caliza de color gris oscuro a pardo al intemperismo, y de color gris claro al fresco, la textura varía de wackestone a packstone; es compacta, ligeramente fracturada, se aprecian fragmentos de fósiles, estilolitas, nódulos de pedernal, se observan oquedades y huellas de disolución ocasionadas por el intemperismo; sobreyace en contacto concordante a la Formación Acatita y subyace a la Formación Indidura. Anexo 2.



Figura 7. Estratos masivos de caliza perteneciente a la Formación Treviño (Kace Cz). Área Valle Los Ángeles.

Valle de los Ángeles. Sección localizada en la parte norte-poniente de la carta sierra La Paila, consta de caliza de color gris claro con tonos negros en superficie intemperizada y de color gris claro al fresco, presenta textura wackestone; la estratificación varía de gruesa a masiva, es compacta, fracturada, el intemperismo se puede observar por las oquedades y huellas de disolución en la roca, presenta nódulos y lentes de pedernal, sobreyace de forma concordante con la Formación Acatita. (Figura 7). Anexo 2.

Cañón El Mimbres. Sección localizada en la porción centro-sur de la carta sierra La Paila, la caliza es de color gris oscuro al intemperismo y de color gris claro en superficie sana, la textura varía de wackestone a packstone; es ligeramente fracturada con lentes y nódulos de pedernal, presentan oquedades, huellas por disolución, vetillas de calcita y escasa presencia de fósiles. Anexo 2.

Centro-norte carta Las Coloradas. En la porción centro-norte hay predominio de caliza y ocasionalmente dolomía, color al fresco gris claro e intemperismo pardo a gris oscuro, estratificación media a masiva, presentando una textura en caliza que va de mudstone a wackestone y en dolomía sacaroide, lentes y nódulos de pedernal, erosión por disolución, calcita que rellenan fracturas, estilolitas, poco fracturada y fósiles esporádicos. Anexo 1.

Centro-sur carta Las Coloradas. En las entradas de las cañadas Treviño, Piedra Verde, Los Fresnos y del Carmen, se puede apreciar caliza y caliza dolomitizada, color al fresco de gris claro a gris oscuro e intemperismo gris oscuro a pardo, con una textura predominantemente sacaroides; estratos delgados a gruesos, disolución kárstica, nódulos y lentes de pedernal negro a gris oscuro, estilolitas, vetillas de calcita, ocasionalmente presencia de fluorita de color blanco cristalino a morado, se encuentra moderadamente fracturada y presenta macro y micro fósiles. Anexo 1.

Esta unidad sobreyace a la Formación Acatita en forma concordante y subyace a la Formación Indidura de igual forma.

Por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Albiano Superior, es correlacionable con la Formación Monclova, al Grupo Washita en la cuenca de Sabinas y Loma de Plata en la cuenca de Chihuahua.

El ambiente de depósito de esta formación ha sido interpretado como lagunar somero.

Esta unidad presenta condiciones geológicas favorables para la prospección minera de fluorita y dolomita.

Formación Indidura Caliza-Lutita (Kcet Cz -Lu)

Kelly (1936), definió la Formación Indidura en la localidad de Delicias Coahuila, en el flanco oriental del cerro de la Indidura a 8 km, al norte del Tanque Toribio. En este sitio la formación consiste de lutita, caliza resquebrajada y calizas de estructura laminar. La litología consiste de una alternancia de lutita y caliza arcillosa (biomicrita) con algunas intercalaciones de arenisca y laminillas de yeso, la caliza es de color gris oscuro, negro, verdoso, rosado y gris verdoso, y la lutita de color amarillo crema, su espesor es de 100 m. Representa un cambio de facies de la Formación Eagle Ford hacia la plataforma de Coahuila. En la carta Las Coloradas aflora al oriente de la carta en pequeños lomeríos; tiene su mayor expresión al noroeste y noreste del poblado El Sacrificio; así como una única exposición al oeste en Casa Colorada. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta Sierra La Paila.

Las características de esta unidad en diferentes sectores es la siguiente:

Loma El Divisadero. Localizada en la porción noreste de la carta sierra La Paila; está constituida por caliza de color gris claro y crema al intemperismo y de color gris oscuro en superficie sana, de textura mudstone, presenta una estratificación delgada, algo compacta, parcialmente fracturada, se encuentra intercalada con lutita de color gris claro a crema al intemperismo y de color gris al fresco, de textura clástica de grano fino, la estratificación es laminar y muy fisil, en esta formación se encuentra el fósil índice *Inoceramus Labiatus*, se sobreyace de forma concordante a la Formación Treviño y subyaciendo de igual forma a la Formación Parras. Anexo 2.



Rancho San Francisco. Sección localizada al poniente de la carta sierra La Paila; la caliza es de color gris claro a crema al intemperismo y de color gris oscuro a negro en superficie sana, la textura varía de mudstone a wackestone; se observa una estratificación delgada a laminar con poco fracturamiento, está intercalada con lutita de color crema al intemperismo y color gris claro al fresco, de textura clástica de grano fino, la estratificación es laminar y fisil, con fracturamiento

intenso y presenta fragmentos del fósil *Inoceramus Labiatus*. (Figura 8). Anexo 2.

Tanque Cumbres. Dentro de la carta sierra La Paila existe caliza de color gris a crema al intemperismo y de color gris oscuro a negro en superficie sana, la textura es packstone; la estratificación es delgada y ésta se encuentra intercalada con lutita de color crema al intemperismo y de color gris al fresco, de textura clástica de grano fino, presenta una estratificación laminar, está fracturada, fisil y forma pequeñas ondulaciones, con láminas de yeso. Anexo 2.

Cerro Loma Prieta. Se localiza en la parte sur poniente de la carta sierra La Paila; la caliza es de color gris claro a crema al intemperismo y de color gris oscuro al fresco, la textura varía de mudstone a wackestone; la estratificación varía de delgada a mediana, se observan vetillas de calcita, se encuentra intercalada por lutita de color crema a gris en superficie alterada y de color gris oscuro al fresco, la estratificación es laminar a delgada, de textura clástica de grano fino, muy fisil, en ocasiones se observan vetillas de calcita cortando a la roca en diferentes direcciones, contiene fósiles de *Inoceramus Labiatus*, casualmente se encuentran cuarzo cristalino; sobreyace de forma concordante a la Formación Treviño y subyace de igual forma a la Formación Parras. Anexo 2.

Cañón La Pedrera. Sección ubicada en la porción centro-sur de la carta sierra La Paila, está constituida por caliza de color gris claro a crema en superficie alterada y de color gris a negro al fresco, de textura mudstone, la estratificación es delgada, se observan fracturas con vetillas de calcita, sobreyace de forma concordante a la Formación Treviño. Anexo 2.

El Sacrificio. En la parte noreste del poblado denominado Sacrificio, al este de la loma El Diente y en la loma El Queso en la carta Las Coloradas, se observan intercalaciones de caliza y lutita; la caliza se presenta en color gris al fresco y gris claro al intemperismo, estratos de hasta 0.20 m con una ligera laminación y estructura de budín, la lutita es gris e intemperiza a un color amarillo a pardo; estratos de hasta 0.15 m; la caliza tiene una textura que va de mudstone a wackestone y la lutita presenta una textura clástica de grano fino, se encuentra estratificada, moderadamente fracturada y fisil. (Figura 9). Anexo 1.



Figura 9. Afloramiento ubicado en las inmediaciones del rancho Sacrificio. Intercalación de caliza con lutita de la formación Indidura (Kcet Cz-Lu), estructura de budín en caliza y lutita fisil.

Loma Blanca. Al norte de loma Blanca y en loma Las Hilachas en la carta Las Coloradas se observa caliza intercalada con lutita, color gris claro en superficie sana y intemperismo gris oscuro a ligeramente pardo en zonas aisladas, la textura es wackestone, se presenta estratificada con algunos horizontes de yeso, moderadamente fracturada y presencia del fósil índice *Inoceramus Labiatus*. Anexo 1.

Rancho La Luz. Al este del poblado La Luz en la carta Las Coloradas la unidad está conformada por caliza de color gris claro al fresco e intemperismo de igual color, la textura es wackestone; estratos delgados con intercalaciones de lutita y fósiles (*Inoceramus Labiatus*). Anexo 1.

Casa Colorada. Al este a poca distancia de Casa Colorada dentro de la carta Las Coloradas se observa intercalación de caliza con lutita en forma semivertical debido a su posición en el flanco poniente de la

estructura regional; de color gris oscuro a negro al fresco e intemperismo castaño claro, con textura mudstone; estratificación delgada e intercalada con láminas de lutita deleznable, fuertemente fracturada, calcita rellena fracturas, ciertas zonas de oxidación, estructuras de arrastre debido a la cercanía del contacto con la Formación Treviño y a la presencia del anticlinal recostado; manifestación del fósil *Inoceramus Labiatus* y compuesta también por limos, calcita y ferromagnesianos. Anexo 1.

En la sierra La Paila sobreyace de forma concordante y transicional con la Formación Treviño, y subyace de forma concordante a la Formación Parras en las cercanías del poblado de Cosme.

Por su posición estratigráfica y contenido fosilífero se tiene una edad del Cenomaniano Superior al Turoniano. Imlay (1936) reporta la presencia de fósiles como el *Inoceramus Labiatus*, se correlaciona con la Formación Eagle Ford del Golfo de Sabinas.

El ambiente es el característico de una sedimentación tipo flysch en facies que varían desde profundas a litorales, relacionados probablemente con ambiente deltáico.

La Formación Indidura no presenta condiciones geológicas favorables para la prospección minera.

Formación Parras Lutita-Arenisca (Kcoss Lu-Ar)

Imlay (1936), aplicó el nombre de Formación Parras, a un potente paquete de lutita negra comprendida entre la Formación Indidura y el Grupo Difunta. La localidad tipo está en las Lomas de San Pablo, aproximadamente a 6.4 km, al oriente de Parras, Coahuila. Está constituida principalmente por lutita calcárea de color gris oscuro a negra carbonosa con algunas intercalaciones de arenisca tipo grauwa de grano fino en capas delgadas. La lutita es fisil con horizonte nodular constituido de caliza que intemperizan en color café claro y amarillo. Se reporta un espesor de 1 400 a 1 850 m.

La Formación Parras aflora en el sector transversal de la Sierra Madre Oriental y en la plataforma de Coahuila. En la carta Sierra La Paila aflora en la porción centro-este y únicamente en el sector noreste de la carta Las Coloradas donde hay predominio de lutita con intercalaciones de arenisca, donde la lutita sana tiene un color gris e intemperismo que va de gris a tonalidades amarillo verdoso, la arenisca presenta un color al fresco gris y al intemperismo gris claro, esta unidad muestra una textura de grano fino a medio, ligera estratificación con láminas homogéneas y fisiles, deleznable y fracturada. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta Sierra La Paila.



Localidad:

Ejido Cosme. Se encuentra en la porción centro-este de la carta sierra La Paila por el poblado de Cosme; está formada por lutita de color amarillo, pardo y en ocasiones verde en superficie alterada y de color negro a gris en superficie sana, presenta una textura arcillosa clástica, de estratificación laminar muy fisil; intercalada con arenisca de color amarillo a rojizo al intemperismo y de color pardo a gris en superficie sana, de textura clástica de grano fino a medio; la estratificación varía de laminar a delgada, está parcialmente fracturada, su contacto suprayacente es concordante con la Formación Indidura y el superior no se observó. (Figura 10). Anexo 2.

Figura 10. Intercalación de lutita y arenisca perteneciente a la Formación Parras (Kcoss Lu-Ar). Área ejido Cosme.

Al noreste de la carta Las Coloradas hay predominio de lutita con intercalaciones de arenisca, donde la lutita sana tiene un color gris e intemperismo que va de gris a tonalidades amarillo verdoso, la arenisca presenta un color al fresco gris e intemperismo gris claro, esta unidad muestra una textura de grano fino a medio, ligera estratificación con láminas homogéneas y físis. Anexo 1.

Tanto su contacto inferior (Formación Indidura), como el superior (Grupo Difunta) son concordantes con la unidad.

Por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Coniaciano-Santoniano, se correlaciona con las formaciones Austin, Upson y San Miguel del Golfo de Sabinas, con la parte superior de la Formación San Felipe y con la parte inferior de la Formación Méndez, ambas al noreste de México.

El depósito de esta unidad es flysch de ante-fosa, en ambientes marinos relativamente someros para permitir el desarrollo de organismos bentónicos (moluscos), con influencia de plataforma externa en facies de pro-delta (PEMEX, 1988).

La Formación Parras no presenta las condiciones geológicas favorables para la prospección minera.

Grupo Difunta Arenisca-Lutita (Kcm Ar-Lu)

Inicialmente Imlay (1936), lo estudió y denominó como Formación Difunta, ubicó la localidad tipo cerca del cerro Difunta a 4.5 km, al norte del poblado de Pozo Boquillas. Posteriormente Murray y colaboradores., (1962), formalizaron el Grupo Difunta dividiéndolo en siete formaciones para la cuenca de Parras (Cerro del Pueblo, Cerro de la Huerta, Cañón del Tule, Las Imágenes, Cerro Grande, Los Encinos y Rancho Nuevo).

Más tarde McBride y colaboradores (1974), añadieron seis formaciones a las siete propuestas para la cuenca de Parras (Formación Carroza, Formación Viento, Formación Adjuntas, Miembro Arenisca Delgado, Formación Potrerillos, Formación Muerto).

Se localiza en la parte este-centro de la carta Las Coloradas. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas.

Dado que el Grupo Difunta abarca desde el Cretácico Superior al Eoceno, se tiene que describir de acuerdo a sus edades, de tal forma que para el Cretácico Superior el Grupo Difunta va a estar representado por la Formación Muerto y los tres miembros Inferiores de la Formación Potrerillos, la cual consta de 5 miembros. La Formación Muerto y los tres miembros de la Formación Potrerillos se describen a continuación.

Formación Muerto. Está constituida por capas de lutita, lodolita y arenisca con espesor de 570 m, su contacto superior con la Formación Potrerillos es concordante y transicional, el contacto con la Lutita Parras no se observó.

Formación Potrerillos. Esta formación sobreyace concordantemente a la Formación Muerto, consta de 5 miembros, pero para el Cretácico Superior únicamente se describirán los 3 primeros que están divididos de la siguiente manera: miembro Superior de limolita. Este miembro está constituido por limolita, presenta un espesor de 330 m. Miembro Inferior de lodolita. Está compuesta por lodolita y lutita con un espesor de 660 m, este miembro contiene tres cuerpos lenticulares de caliza. Miembro medio de limolita. Está conformado por 600 m. de limolita y arenisca fina.

Localidad:

Ex Hacienda de Guadalupe. Aflora al noreste de la carta Las Coloradas, en el entronque de la carretera 57 y la carretera 101; en esta unidad hay predominio de arenisca sobre caliza arcillosa y lutita, la arenisca es de color pardo claro en muestra sana y café verdoso al intemperismo, la lutita es de color pardo e intemperiza a un color verdoso y la caliza arcillosa es gris a pardo e intemperiza a pardo oscuro a crema; la textura de la arenisca es de grano fino a medio; la lutita tiene una textura clástica de grano fino y fisilidad, toda la unidad presenta estratificación laminar con horizontes de arenisca de 0.05 m a 0.10 m y contenido de microfósiles (lamelibranquios, bivalvos y amonites). (Figura 11). Anexo 1.



Figura 11. Intercalación de lutita con arenisca de la formación Parras (Kcoss Lu-Ar). Localidad al este de loma El Diente.

El contacto Inferior con la Lutita Parras es concordante y no se observó el contacto superior.

Por su contenido fosilífero se le asigna una edad del Campaniano-Maastrichtiano. Se correlaciona con las formaciones Olmos y Escondido de la cuenca de Sabinas.

Se ha interpretado que por sus características litológicas, su depósito corresponde con las facies flysch arenoso-caóticos, relacionados con las zonas de ante-fosa de la deformación Laramide en un ambiente deltáico complejo, dentro del que se presentan facies de delta, frente deltáico, planicie de inundación y aún de plataforma (PEMEX, 1988).

Granodiorita- Diorita (Te Gd-D)

Se denominaron como troncos intrusivos a los afloramientos de roca ígnea intrusiva de composición granodiorítica y diorítica, en donde la mayoría se ubican en la franja que forman los paralelos 25° 55' a 26° 00' latitud Norte, localizados en la parte noroeste de la carta sierra La Paila, en el valle de Parreños.

Intrusivos orientados de poniente a oriente se inicia con dos apófisis que afloran en el cerro Los Picachos en la población de Parreños.

Otro afloramiento en el borde poniente de la sierra La Paila, y a un kilómetro al sur de la mina Cielo Azul, la granodiorita es de color verde a rojizo al fresco y pardo al intemperismo, de textura hipidiomórfica con transición a porfídica, estructura masiva, con vetillas secundarias rellenas por calcita y fluorita. La mineralogía observada la componen: cuarzo, plagioclasa, hornblenda, clorita, ortoclasa y micas; presenta abundantes fracturas. (Figura 12). Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

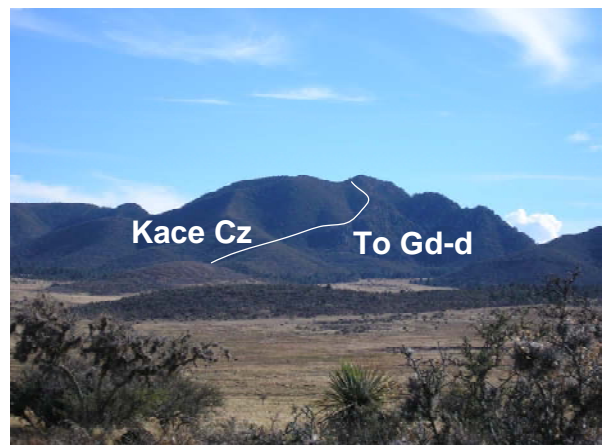


Figura 12. Granodiorita-diorita (To Gd-D) afectando a la caliza de la Formación Treviño (Kace Cz). Área Valle de Parreños.

Estas rocas intrusionan a la mayor parte de la columna estratigráfica mostrando alteración en superficie en las rocas de la Formación San Marcos. Anexo 1.

Estos intrusivos no han sido datados pero se consideran de edad Eoceno y son correlacionables con otros cuerpos intrusivos como granodioritas y/o monzonitas datados por Chávez Cabello (2005) con edades de 40 a 26 ma asociados a lo largo de la falla de San Marcos emplazados durante la segunda etapa de magmatismo ocurrida en el Terciario durante el Eoceno-Oligoceno, cuyos afloramientos se agrupan principalmente en tres regiones bien definidas, incluyendo esta franja de intrusivos, las otras dos están fuera de la carta y tienen rumbo general oriente-poniente y cortan transversalmente las estructuras mesozoicas.

Riolita (To R)

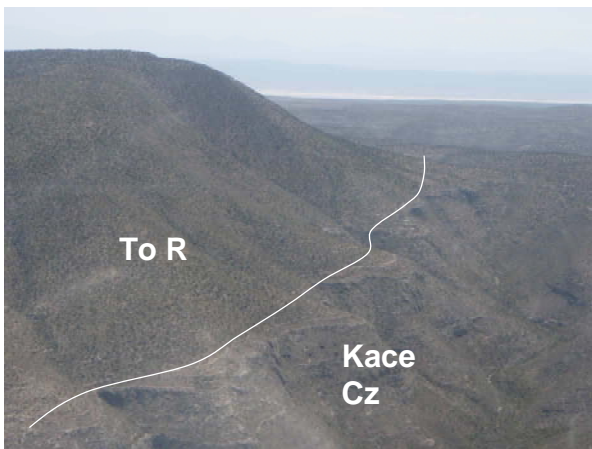


Figura 13. Contacto entre caliza de la Formación Treviño (Kace Cz) y riolita (To R). Área cerro La Bola.

Se localizan en la parte central de la carta sierra La Paila, se denominó riolita a la roca extrusiva ácida que copetea a los cerros de Los Ajos y de La Bola, se presenta en forma de derrames. (Figura 13). Anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Megascópicamente se alcanzan apreciar cristales de ortoclasa y cuarzo cristalino y un poco de vidrio, la ortoclasa se ve ligeramente argilizada lo que le da tonos rosa blancuzco, esporádicamente se alcanzan a ver algunos cristales de hornblenda y otros ferromagnesianos, las alteraciones son la argilización y silicificación moderada.

Se encuentra cubriendo de forma discordante a la caliza de la Formación Treviño. Por su posición estratigráfica se le da una edad del Oligoceno, ya que no han sido datadas. Su origen es ígneo extrusivo.

Andesita (To A)

La andesita forma derrames que se observan en el valle de La Nopalera y valle de Parreños dentro de la carta Las Coloradas. Aflora en la porción noroeste, esquina suroeste y centro-este en la carta sierra La Paila emitidos a través de fracturas. (Figura 14). Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Megascópicamente es de color gris oscuro a verde, de estructura compacta y textura afanítica, microscópicamente presenta una textura microlítica porfídica, con minerales principales de oligoclasa-andesina y augita-hiperstenas, los minerales secundarios son calcita, minerales opacos y clorita.

Se encuentra discordantemente sobre las Formaciones Acatita y Treviño. Esta roca no ha sido

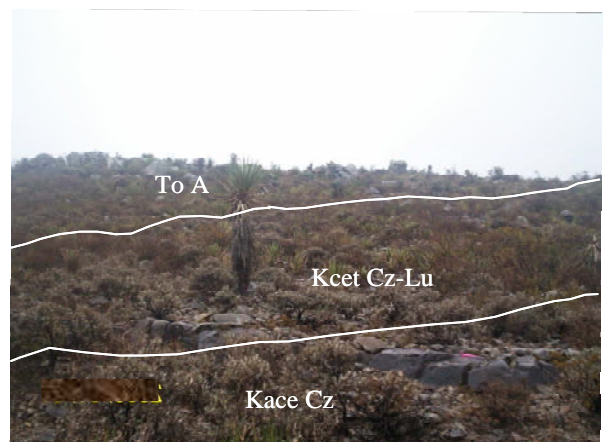


Figura 14. Andesita (To A) en contacto con la Formación Indidura (Kcet Cz-Lu) ambas sobreyaciendo a la Formación Treviño (Kace Cz). Localidad cerro del Sombrerillo.

datada, por su posición estratigráfica se infiere una edad del Oligoceno. Su origen es extrusivo fisural en donde los derrames se formaron a través de fracturas.

Porfido Andesítico (To PA)

Se localiza en la parte centro-norte de la carta sierra La Paila, en la ranchería El Cedral y el cañón de Los Fresnos. (Figura 15). Anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.



Figura 15. Porfido andesítico (To PA) intrusionando a la caliza dolomítica de la Formación Acatita (Ka Cz-Y). Área ejido El Cedral.

Megascópicamente, es de color verde claro, con tonos de color café a rojizo, compacta, de textura porfídica, con minerales ferromagnesianos y plagioclasa. Al microscopio la textura es holocristalina porfídica con minerales esenciales como oligoclasa, cuarzo y hornblenda-augita y como minerales secundarios sericita y calcita.

Intrusiona a las Formaciones Acatita y Treviño. Esta roca no ha sido datada, de probable edad Oligocénica, origen hipabisal.

Conglomerado Sabinas Conglomerado oligomíctico (Tpl Cgo)

Esta serie clástica fue definida por Robeck et. al., (1956), para una secuencia clástica de conglomerado de caliza, de la región carbonífera de Sabinas. Anexo

1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Litológicamente consiste en un conglomerado constituido por guijarros (subredondeados), gravas y arenas de poca porosidad, cementados por carbonato de calcio. Hacia su parte superior presentan una capa de caliche. El espesor reportado es de 30 metros aproximadamente. (Figura 16).

El Conglomerado Sabinas se encuentra distribuido en los valles o llanuras que separan las Sierras que integran el área del Golfo de Sabinas. En la carta ésta se encuentra en la parte centro este y noreste de la carta, expuesta sobre el valle de la sierra La Paila, en forma de abanicos, lomas y mesetas de topografía baja. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

El conglomerado descansa discordantemente sobre las formaciones del Cretácico Superior. Sobreyace a las Formaciones Parras e Indidura.

Por su litología y posición estratigráfica, se le ha asignado una edad del Neógeno (Plioceno). Se correlaciona con el Conglomerado Ahuichila de la Sierra Madre Oriental.



Figura 16. Conglomerado (Tpl Cgo) constituido por clastos de caliza. Área ejido Cosme.

El conglomerado se originó por la acción de los agentes erosivos sobre las estructuras plegadas cretácicas y depositado en las cuencas que formaron las estructuras sinclinales, siendo un depósito continental de tipo Molasse. (Humphrey y Díaz, 1956).

Basalto (Qptho B)

El volcanismo máfico sobre el bloque de Coahuila conocido como el campo volcánico Las Coloradas toca un extremo de la carta Las Coloradas, ubicado en la parte noroeste de la misma; además se ubica en los sectores noroeste, oeste y centro-sur de la carta sierra La Paila, se presentan como un derrame de extensión de 300 a 600 m; dicho magmatismo fue canalizado a través de discontinuidades antiguas del basamento como las fallas La Babia, San Marcos y los bordes de la isla de La Mula. (Aranda-Gómez et al., 2005). Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Megascópicamente el basalto es de color gris oscuro a verde al intemperismo, color negro al fresco, de textura afanítica, estructura masiva, se observa olivino oxidado. Microscópicamente está constituido por labradorita (55%) de forma euedral, no presenta ninguna alteración y se observa en microlitos tabulares con maclas de la albita; olivino (27%) de forma euedral, no presenta alteración y se presenta en fenocristales rómbicos generalmente fracturados y en cristallitos formando parte de la mesostasis de la roca; augita (18%) de forma subedral, no presenta ninguna alteración, se observa en fenocristales con intensos colores de interferencia y en pequeños cristales formando parte de la mesostasis de la roca; se observa una microtextura microlítica glomeroporfidica, de origen ígneo extrusivo. El espesor varía de 15 a 60 m. (Figura 17).

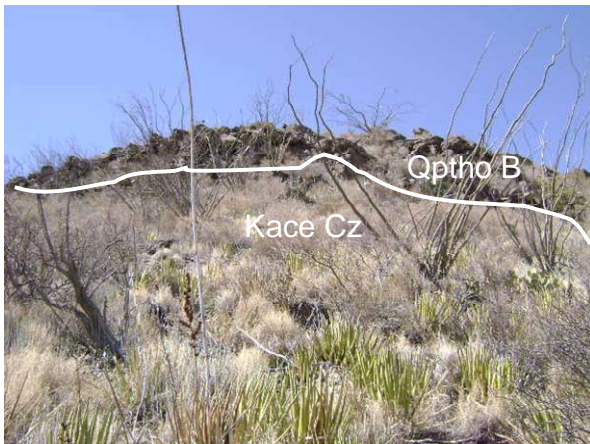


Figura 17. Contacto entre caliza de la Formación Treviño Kace Cz y basalto Qptho B. Localidad cañón de La Víbora.

Al norte del poblado Las Coloradas el basalto es de color negro en superficie fresca, tornándose negro rojizo al intemperismo, con una estructura masiva, la textura es afanítica, contiene zonas amigdaloides, con el olivino oxidado y vesículas, poco fracturado; los derrames son de tipo fisural y se presentan como pequeños lomeríos. Anexo 1.

Este afloramiento se encuentra en contacto discordante con la Formación Treviño. Aunque no se tienen estudios para datar estas rocas se infiere una edad del Pleistoceno. Los derrames basálticos se pueden correlacionar con las Lavas Esperanza que se encuentran expuestas en el municipio de Melchor Múzquiz en el poblado La Esperanza, fuera de la zona de estudio. Forman topográficamente mesetas de basalto de poca altura.

Estas rocas se originaron mucho después de las últimas pulsaciones de la orogenia Laramide durante el Pleistoceno. No se reconoció la presencia de ningún aparato volcánico por lo que estos derrames basálticos son de tipo fisural.

Los afloramientos de rocas volcánicas dentro de la carta no presentan condiciones favorables ni asociación con ningún tipo de yacimiento económico.

Coluvión (Qhoco)

Se define así a un conjunto de depósitos de piamonte mal clasificados y semiconsolidados; en su mayoría está compuesto por fragmentos de caliza.

Estos depósitos se encuentran en el sector noroeste, oeste y suroeste de la carta Las Coloradas, llenan los valles; se originaron por la acción de los agentes erosivos sobre las estructuras plegadas y están compuestos por gravas, arenas, limos, arcillas y material lacustre. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas.

Sobreyace discordante y parcialmente a todas las unidades litológicas preexistentes, y de acuerdo a su posición estratigráfica se le asigna una edad del Cuaternario Superior (Holoceno).

Lacustre (Qhola)

Se distribuye en una superficie aproximada de 11 km², al noroeste de la carta y al norte del poblado Las Coloradas. Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas.

Estos depósitos están formados principalmente por sedimentos de limos y arenas finas; sobreyacen concordantemente a depósitos de aluvión y por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Holoceno.

Depósitos aluviales (Qhoal)

Estos depósitos están formados principalmente por sedimentos de arena, limo y arcilla; rellenan los valles y en zonas aisladas de poca extensión en la sierra La Paila al sur y en buena parte bordeando a la sierra en la carta Las Coloradas. El aluvión sobreyace a toda la columna estratigráfica. Por su litología y posición estratigráfica, se le ha asignado una edad del Cuaternario Superior (Holoceno). Anexo 1 mapa geológico carta Las Coloradas y anexo 2 mapa geológico carta sierra La Paila.

Estos depósitos están formados principalmente por sedimentos de gravas, arenas, limos y arcillas rellorando los valles y bolsones.

III.2. ESTILOS DE DEFORMACIÓN

Al considerar que en la imagen de satélite se pueden interpretar las características morfoestructurales de la región, utilizando las trazas de los lineamientos rectos y las tendencias de las estructuras mayores, se llevó a cabo el análisis de la imagen junto con el mapa geológico, de tal manera que se puede establecer que resaltan tres elementos morfoestructurales, mismos que corresponden al bloque sierra La Paila sur y norte y bloque zona de valles en la parte de sur. (Figuras 18 y 19).

El primer elemento morfoestructural bloque sierra La Paila sur, dentro de la carta sierra La Paila exhibe color verde y morado hacia la parte sur, con una elevación máxima de 2,300 msnm, comprende la mayor parte de la sierra La Paila, que en su porción centro occidental conforma un anticlinal simétrico, con su eje orientado al N40°W y su plano axial sensiblemente recostado al noreste y con desarrollo de 35 km aproximadamente. Sobre este elemento morfoestructural se desarrolla un drenaje de tipo dendrítico subparalelo. La asimetría de la estructura le confiere a la sierra las características de que en su flanco oriental las pendientes son abruptas, mientras que en el flanco occidental las pendientes son moderadas, fuertemente disectadas por corrientes consecuentes. El núcleo y los flancos de la estructura arman en rocas de las formaciones Acatita y Treviño, mientras que ambos limbos están formados por caliza y lutita de las formaciones Indidura y Parras. La traza del eje de este elemento es

muy continuó, y muestra capas en el flanco oriental con echados menores a 20° que se suavizan hacia el extremo norte, hasta adoptar una tendencia francamente homoclinal. (Figura 18).

Las principales estructuras identificadas se encuentran divididas en 4 grupos principales:

1) Lineamientos con dirección noreste. Se encuentran distribuidos de forma constante a lo largo de toda la carta. Presentan arreglo paralelo y son los de mayor longitud y de traza más definida aunque desplazada porque se trata de estructuras antiguas. Destacan el cañón del Carmen, el cañón de los Reyes, ambos dispuestos en dirección noreste (~40°) y cortados y desplazados por estructuras más jóvenes en dirección noroeste y norte-sur; conforman estructuras de flexión y facetas triangulares

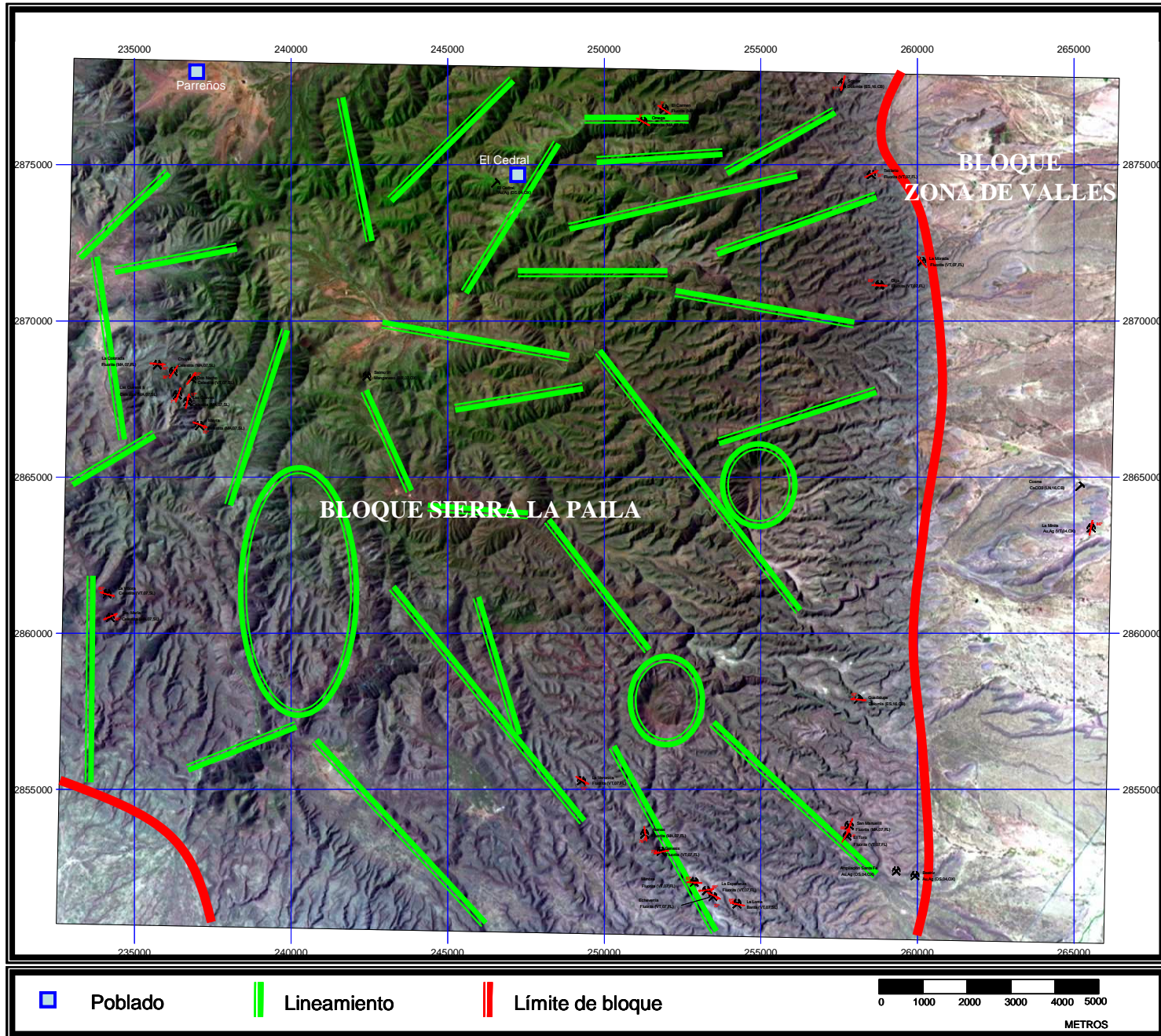


Figura 18. Interpretación de imagen de satélite.

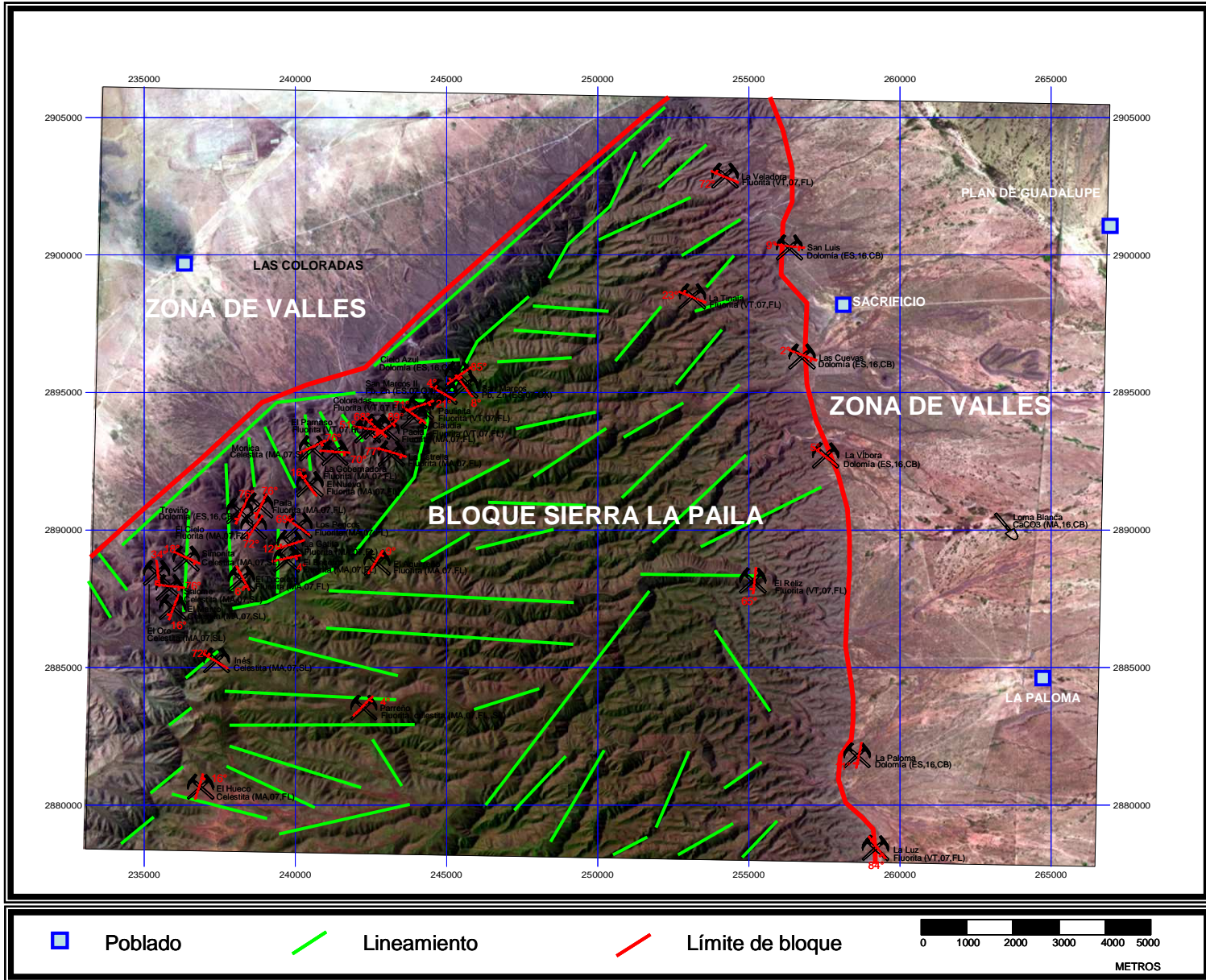


Figura 19. Interpretación de Imagen de Satélite

distribuidas a lo largo de los cañones. Con la misma disposición (noreste) y paralelas, se encuentran lineamientos al suroeste de la carta. (Figura 18).

2) Lineamientos con dirección noroeste. Distribuidos principalmente en la parte centro sur de la carta en donde los cortan lineamientos con dirección norte-sur. Entre los más importantes destaca el sistema que se desarrolla de forma paralela (noroeste $\sim 30^\circ$) conformado por los cañones de Loma Prieta, Los Perdidos y Mimbre, que pueden estar desplazados por estructuras norte-sur. (Figura 18).

3) Lineamientos con dirección norte-sur. Se observó en la imagen de satélite que estos rasgos son probablemente los más jóvenes del área ya que desplazan a los dos grupos anteriores. Un ejemplo de gran relevancia que puede seguirse en la imagen y atraviesa toda la carta se encuentra localizado al este de la sierra La Paila. El resto de lineamientos que siguen esta tendencia se encuentran distribuidos al oeste de la carta, así como de forma errática y aleatoria en toda la carta. (Figura 18).

4) Estructuras circulares o fracturas anulares. Se observan estructuras circulares en la parte central y suroeste de la carta, entre las que destaca la formada por el cañón del Indio, porque tiene una longitud aproximada de 10 km. También se observan algunos pequeños cuerpos con forma cómica. (Figura 18).

En este bloque se encuentran la mayoría de las minas y manifestaciones de mineral que constituyen el distrito minero sierra La Paila. Se trata de estructuras mineralizadas en forma de mantos y vetas que tienen mineralización de celestita, fluorita, barita y dolomita. (Figura 18).

El segundo elemento morfoestructural sierra La Paila norte dentro de la carta Las Coloradas, con una elevación máxima de 2,200 msnm y comprende la mayor parte de la sierra La Paila, cuya porción centro occidental presenta un anticlinal asimétrico buzante (anticlinal Cielo Azul) que finaliza en un pliegue recostado en la parte perpendicular a la orientación del periclinal, con su eje orientado en el rumbo N43E; con su plano axial sensiblemente recostado al nor-poniente y buzante al nornoroeste con desarrollo de 27 km aproximadamente. Sobre este elemento morfoestructural se desarrolla drenaje dendrítico subparalelo. La asimetría de la estructura determina que en el flanco occidental presente pendientes abruptas, mientras que en el oriental las pendientes son moderadas y fuertemente disectadas por corrientes consecuentes. El núcleo y los flancos de la estructura arman en rocas de las formaciones San Marcos y Acatita, mientras que los limbos están formados por caliza y lutita de las formaciones Treviño e Indidura; esta última con afloramientos ocasionales. La traza del eje de este elemento es continua a lo largo de la cual, las capas del flanco oriental tienen echados por debajo de los 12° que se suavizan hacia el extremo oriente hasta adoptar una tendencia completamente homoclinal, mientras que en el flanco poniente tienen dirección general al noroeste e intensidad mayor a los 50° , hasta invertirse con dirección SE con inclinaciones que también son mayores a los 50° . (Figura 19).

Las principales estructuras identificadas se encuentran divididas en 3 grupos principales:

1) Lineamientos con dirección noreste. Es el más importante y se localiza en la parte noroeste de la sierra La Paila. Presenta orientación N43E, con longitud hasta de 15 km. También se encuentran distribuidos de manera paralela con dirección general N30E en la parte oriental de la carta. Destacan las cañadas Treviño, El Diente, El Perdido, Los Fresnos, Los Bueyes y El Carmen y también la presencia de lineamientos con dirección noreste de alto ángulo ($>50^\circ$), menos abundantes, pero relevantes porque se aprecian estructuras con rasgos bien definidos observados en el modelo sombreado al igual que en la imagen de satélite. (Figura 19).

2) Lineamientos con dirección este-oeste. Es el sistema más antiguo inferido porque otros lineamientos cortan y desplazan éstas disposiciones longitudinales a través de toda la carta. Tienen rasgos fuertemente marcados y presentan longitudes promedio de 8 km, con orientaciones paralelas entre sí. Destacan en el centro y parte suroeste de la carta las cañadas Treviño, El Diente, Las Cuevas y La Pedrera. (Figura 19).

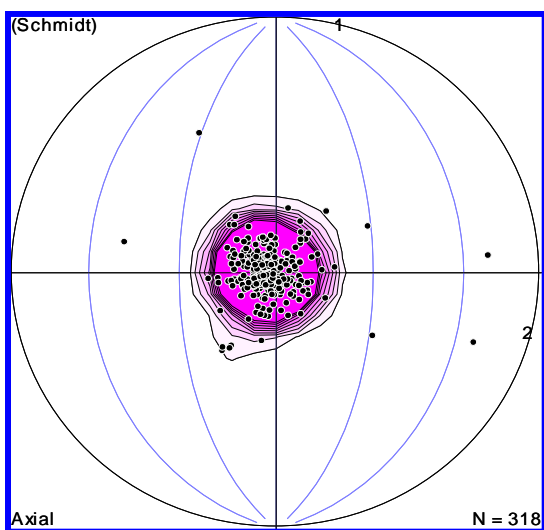
3) Lineamientos con dirección norte-sur. Son los menos abundantes y se encuentran distribuidos en forma paralela en el sector centro-oeste de la carta. Destacan las cañadas El Tecolote, El Becerro y en menor proporción El Voladero, con longitudes de 5 km. No se determinó la edad relativa con respecto a las otras estructuras debido a que no se observaron rasgos de desplazamiento. (Figura 19).

El tercer elemento morfoestructural bloque zona de valles, se encuentra definido por el valle que bordea a los elementos anteriormente descritos; sus límites en general pueden corresponder con accidentes estructurales, lo que provoca una disminución en la elevación de las cotas que los definen, ya que éstas solo llegan hasta los 1,100 msnm. En general estos valles se encuentran cubiertos por materiales recientes originados a partir de la denudación de las rocas que componen los elementos orográficos más relevantes. (Figura 18 y 19).

Las estructuras producidas durante la fase de deformación compresiva del evento orogénico Laramide, ocurrida durante el Cretácico Superior al Terciario Inferior, manifiestan a veces, cambios fuertes en la orientación de los ejes de los pliegues, que presentan arreglos casi perpendiculares. En el bloque sierra La Paila (BSP) corresponden exclusivamente a un arreglo constituido por pliegues sensiblemente simétricos y pequeñas fallas.

Deformación dúctil-frágil.

El bloque sierra La Paila (BSP) está formada; en su totalidad por rocas predominantemente carbonatadas del Cretácico que fueron depositadas en la antigua isla de Coahuila. Bajo este contexto, se optó por analizar la información obtenida a partir de las secciones caminadas a lo largo de toda el área de estudio, incorporando únicamente los datos de estratificación. Los conjuntos se integraron a una proyección de igual área (*Schmidt*), con objeto de definir las características estructurales. El estereograma muestra estructuras asimétricas con sus ejes orientados noroeste-sureste, comportamiento que corresponde con la tendencia generalizada de las estructuras desarrolladas por la orogenia Laramide.



Los planos de estratificación (δ_0) medidos en la secuencia carbonatada del bloque sierra La Paila, estadísticamente muestran inclinaciones de muy baja intensidad, factor que al ser graficado no permite determinar con claridad la tendencia estructural de los pliegues que integran este bloque. Sin embargo, analizando el diagrama de la figura 20 juntamente con el mapa geológico se observa la presencia de dos tendencias estructurales bien definidas, la primera se relaciona con la dirección que muestran las trazas de los ejes de los pliegues existentes en este sector del área de estudio, mismo que se encuentra ubicado con rumbo N24°W, con flancos con echado de 3° al E. Perpendicularmente a dicha dirección se observa la presencia de un vector con rumbo N14°E y una

Figura 20. Estereograma, Bloque Sierra La Paila (BSP) carta Sierra La Paila.

inclinación de 1° al N, que corresponde con el sistema de esfuerzos que dieron origen a dichas estructuras. Este conjunto estadístico de plegamientos, coincide sensiblemente con la orientación regional que presentan las estructuras que se configuran en el sector transversal de la Sierra Madre Oriental.

Pliegues. Estas estructuras manifiestan diferencias en cuanto a sus características geométricas, dado que representan el grado de acortamiento de la carpeta sedimentaria, la que por lo común, tiende a ser mayor en las zonas de cuenca con respecto al que se manifiesta en las estructuras formadas sobre la plataforma. Los anticlinales del BSP, se manifiestan simétricos abiertos. De manera general, se observa que los ejes de las estructuras definidas se encuentran orientados con rumbo noroeste-sureste y que la vergencia de los planos axiales de los mismos, es ortogonal hacia el noreste, por lo que en conjunto, estos indicadores cinemáticos muestran claramente un acortamiento de la carpeta sedimentaria mesozoica, paralelo a la dirección del transporte tectónico, es decir, que el vector regional de deformación provino del suroeste.

El bloque sierra La Paila es un término utilizado por diversos autores que han estudiado el sector transversal del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental. Ocupa toda la sierra La Paila de la que toma su nombre. La traza del eje principal se cartografió a lo largo de 25 km de longitud, los que se extienden fuera del área de estudio, tanto al noroeste como al sureste. La amplitud es del orden de 8 km en su porción más ancha que disminuye a 6 km en su extremo suroriental. Anexo 2.

Estructuralmente este conjunto se compone por varios anticlinales; el comportamiento de los echados de sus flancos define a la geometría de la mayoría de estos pliegues como de tipo simétrico abierto; la traza se encuentra orientada con un rumbo noroeste y los planos axiales se muestran verticales; este conjunto estructural presenta un desarrollo dentro del área de estudio de 30 km aproximadamente.

En la mayor parte de los núcleos de los anticlinales se encuentran desarrollados en rocas de las formaciones Acatita y Treviño. Los flancos de todos los anticlinales están formados principalmente por caliza de la Formación Treviño, y en ocasiones se presenta la Formación Indidura. En el extremo este del conjunto estructural, en el valle existen pequeños montículos de las Formaciones Indidura y Parras generados por el buzamiento de anticlinales existentes en ese sector. Dentro de este rasgo morfoestructural, la traza de los ejes de las estructuras son muy continuos y solo ocasionalmente se tornan sinuosos.

En lo referente a los sinclinales, estos se desarrollan entre los anticlinales mencionados, por lo que guardan un paralelismo con ellos, es decir, son estructuras simétricas abiertas, en cuyos flancos afloran rocas de las formaciones Acatita y Treviño; la Formación Indidura ocasionalmente aflora en éstas estructuras. Las características que definen a cada una de ellas son las siguientes. Anexo 2.

Anticlinal La Paila. Se localiza en la porción central de la carta sierra La Paila, se clasifica como un anticlinal simétrico abierto, el eje del pliegue tiene una orientación al noroeste y en sus flancos tiene echados que van de 8° a 14° promedio, con longitud promedio de 32 km, donde afloran la formaciones Acatita y Treviño. Anexo 2.

Anticlinal La Pedrera. Se localiza en la porción central de la carta sierra La Paila, se clasifica como anticlinal simétrico abierto, el eje del pliegue tiene una orientación al noroeste, con longitud de 11 km, el núcleo está formado por rocas de la Formación Acatita, mientras que los flancos afloran rocas de la Formación Treviño. Anexo 2.

Anticlinal El Alto. Se localiza en el sector centro sur de la carta sierra La Paila, es del tipo simétrico abierto, cuya orientación del eje es noroeste, tiene longitud de 7 km, el núcleo y los flancos están formados por la caliza de la Formación Treviño. Anexo 2.

Anticlinal Calero. Se localiza en el sector centro-oeste del área de estudio de la carta sierra La Paila, en el cañón de La Carrera; se manifiesta un anticlinal abierto que tiene una orientación casi norte-sur, la traza del eje se extiende por espacio de 2 km, el núcleo y los flancos del pliegue están formados por las rocas de la Formación Acatita. Anexo 2.

Anticlinal Tenistete. Se localiza en el sector centro-este de la carta sierra La Paila, el eje del pliegue presenta una orientación casi oeste-este, la traza del eje se extiende por casi 8 km, el núcleo y flancos están formados por la caliza de la Formación Treviño. Anexo 2.

Sinclinal Mimbres. Se localiza en el sector centro-sur de la carta sierra La Paila, se clasifica como simétrico abierto cuya orientación es al noroeste, la traza del eje se extiende por espacio de 15 km, el núcleo y flancos del pliegue están formados por rocas de las Formaciones Acatita y Treviño. Anexo 2.

Sinclinal La Nopalera. Se encuentra en el sector sur de la carta sierra La Paila, del tipo simétrico abierto, la orientación del eje es al noroeste, con longitud promedio de 8 km, el núcleo y flancos están formados por rocas de las formaciones Acatita y Treviño, ocasionalmente aflora la Formación Indidura. Anexo 2.

Sinclinal El Toro. Se localiza en el sector centro-este de la carta sierra La Paila, del tipo simétrico abierto, la orientación es casi oeste-este, con longitud promedio de 5 km, en el núcleo y flancos afloran rocas de la Formación Treviño. Anexo 2.

Dentro del bloque sierra La Paila norte en la carta Las Coloradas, se observaron únicamente tres estructuras que en general presentan trazas de planos axiales de rumbo noreste-suroeste, ubicados en la porción este-suroeste de este bloque estructural. La principal característica de este bloque es que se desarrolla un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales, cuyos ejes están orientados en la dirección noreste-suroeste, siendo el más importante el denominado anticlinal Cielo Azul, seguido por el anticlinal El Huevo, e intermedio a estos se tiene la presencia de un sinclinal llamado El Tecolote. Anexo 1.



Figura 21. Intercalación de caliza-lutita de la formación Indidura (Kcet Cz-Lu) que muestra el reflejo de la estructura regional del anticlinal Cielo Azul; interior de mina Paulinita.

Anticlinal Cielo Azul. Se localiza al poniente de la sierra La Paila dentro de la carta Las Coloradas y en forma paralela a su borde noroeste, definido por su flanco que presenta una abrupta inclinación y el oriental se define por su escasa inclinación; su eje con rumbo general N43°E, excepto en su extremo sur donde se flexiona y toma una dirección N40°E. Arma principalmente en rocas de las formaciones Acatita y Treviño, presenta continuidad hacia la carta Santa Teresa, que colinda con el límite norte del área de estudio, donde finaliza con un cierre periclinal con un ligero buzamiento de 04° NE y la evolución de esta estructura infiere un pliegue recostado o de rodilla hacia su extremo poniente, ya que datos medidos en campo así lo determinaron. Debido a este pliegue aflora la Formación San Marcos que presenta vetillas de cuarzo. (Figura 21). Anexo 1.

Anticlinal El Huevo. Su eje se localiza paralelo a la cañada Las Vacas y se ubica en la parte suroeste de la carta Las Coloradas; presenta un rumbo uniforme en la dirección N45°E, abarca una extensión de 3 km aproximadamente forma un pliegue asimétrico y está compuesto por caliza de la Formación Acatita. Anexo 1.

Sinclinal El Tecolote. Está ubicado sobre la esquina suroeste de la carta Las Coloradas, la traza del eje se orienta con rumbo promedio N35°E aunque exhibe continuas flexiones. La mayor parte del pliegue está formado en rocas de la Formación Acatita alcanzando una extensión de 6 km, aproximadamente. Anexo 1.

Deformación frágil.

Fallas. En el dominio de la deformación frágil fueron observados algunos accidentes a nivel local; no obstante, los efectos más notorios están representados por la presencia de una falla normal la que fue denominada como falla La Tinaja, es un accidente de tipo normal que se desarrolla en rocas pertenecientes a la Formación Acatita está desplazada por una falla de tipo lateral izquierdo que lleva por nombre falla Librado. Anexo 1.



Figura. 22 Falla normal La Tinaja.

Falla La Tinaja. En el límite noroeste del bloque sierra La Paila norte dentro del área Las Coloradas se determinó la presencia de la falla La Tinaja de tipo normal, paralela a la estructura regional definida por el pliegue Cielo Azul, es un accidente menor que disloca la disposición estructural de las rocas presentes en ese sector, se extiende por 5 km y corta a las formaciones San Marcos y Acatita. (Figura 22). Anexo 1.

Falla Librado. Afectando el flanco occidental del anticlinal Cielo Azul en la carta Las Coloradas. Es una falla de tipo lateral izquierda, la que se encuentra desplazando a la falla La Tinaja; una característica particular es la presencia de un cuerpo ígneo que muestra tendencia paralela a la propia de esta falla; se desarrolla en rocas de las formaciones San Marcos, Acatita, Treviño y un intrusivo de composición granodiorítica-diorítica. La mayor parte de las minas de celestita, barita y fluorita se encuentran alineadas en forma paralela a esta falla principalmente en el flanco oeste en Las Coloradas. Anexo 1.

Lineamientos. Con el análisis del material cartográfico, fueron definidos varios lineamientos que se encuentran afectando a la carpeta sedimentaria expuesta en el área de estudio, de tal manera que en la zona correspondiente al bloque sierra La Paila norte, se determinó un conjunto de lineamientos que presentan una orientación preferencial noroeste-sureste. En campo, estos lineamientos se asocian con zonas de fracturamiento en donde muchas de las fracturas se encuentran rellenas por calcita.

Así mismo, en el bloque sierra La Paila sur, se determinaron algunos lineamientos que tienen una

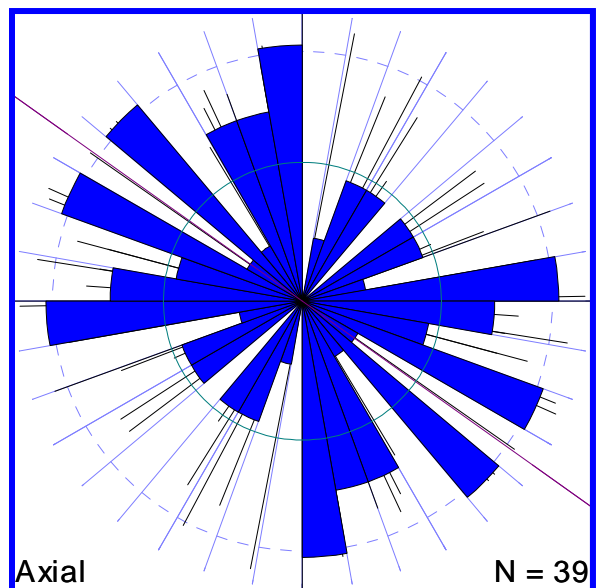


Figura 23. Estereograma de las principales tendencias de fracturamiento.

orientación perpendicular norte-sur a los lineamientos anteriores. (Figura 23). Por otro lado, sobre los cañones Loma Prieta, La Carrera, El Refugio y Mimbres, fueron verificadas numerosas estructuras y algunas fallas locales, mismas que definen el estilo estructural que se encuentra desarrollado sobre las rocas de la columna sedimentaria cretácica que aflora en el área de la carta. De estos accidentes, se observaron pequeñas fallas normales de unos 50 m de extensión dentro de la caliza de las Formaciones Acatita y Treviño, accidentes que ponen de manifiesto el estilo estructural desarrollado en esta región.

III.3. PALEOGEOGRAFÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA

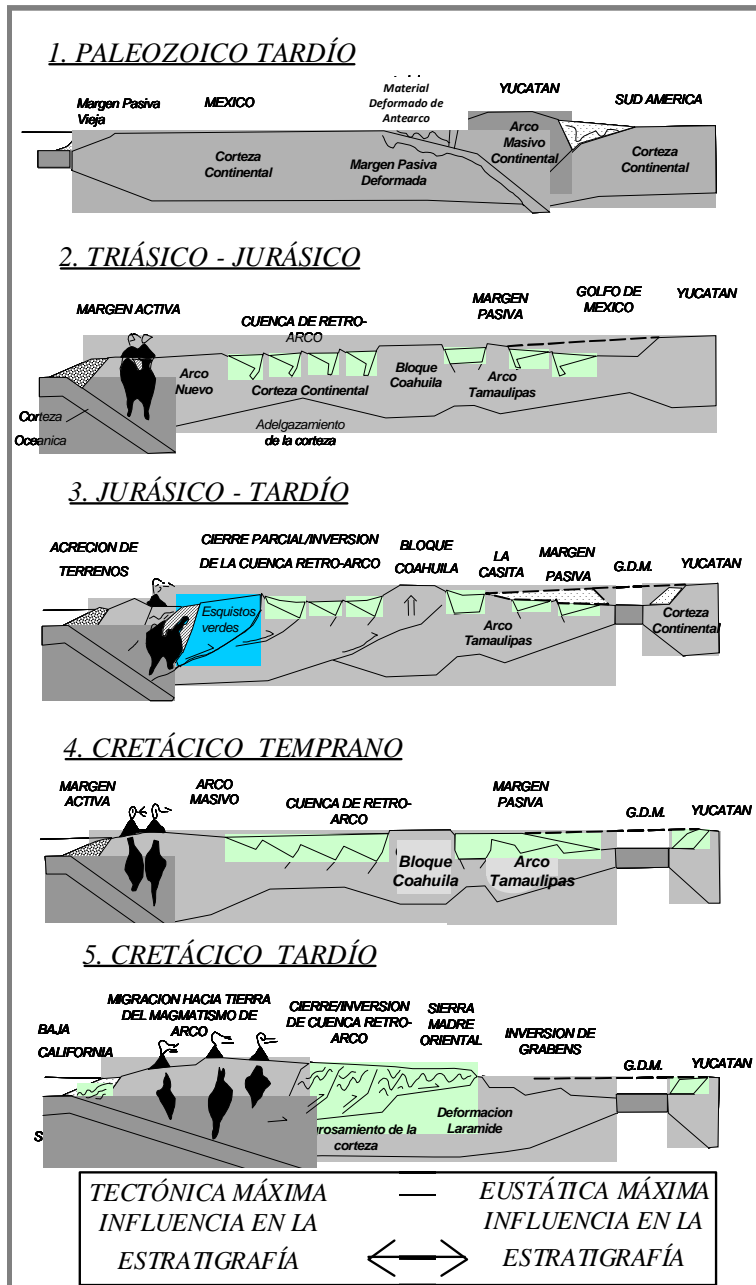
Paleogeográficamente el área que cubre las cartas sierra La Paila y Las Coloradas se encuentra situada en el límite de las subprovincias de la sierra La Paila (isla de Coahuila) y la de pliegues Saltillo-Parras (cuenca de Parras): En la primera están expuestas rocas de la mayor parte del Cretácico (Neocomiano-Maastrichtiano), mientras que la región dominada por la cuenca de Parras la columna sedimentaria solamente exhibe rocas del Cretácico Superior.

Paleozoico. El arreglo estructural de las rocas del basamento que influyeron en la estratigrafía del Mesozoico en el noreste de México, reflejan los efectos de la orogenia Marathon-Ouachita, de edad Mississippico Tardío al Pérmico Temprano, la que marcó la sutura de las placas de Norte América, Sudamérica y Yucatán (Salvador, 1987), que se caracterizó por ser una orogenia convergente que origino principalmente la colisión continente con continente. El complejo acrecionado resultante, constituye el terreno Coahuila definido por rocas metamorizadas y sin metamorfismo de edad Permico-Pensilvánico.

En términos generales se considera que la pila sedimentaria depositada en la cuenca Paleozoica, es del orden de los 2,000 m en la fracción próxima a México, de tal suerte que a los inicios de la orogenia paleozoica, reflejada en estos sedimentos y ubicada en la porción tardía del Pensilvánico, dieron origen a pliegues de compresión y despegues de la carpeta sedimentaria con planos de bajo ángulo. Se estima que el evento tectónico cesó como tal en las postrimerías del Paleozoico y como culminación del periodo de subducción de la placa oceánica bajo el material siálico de la corteza continental, se desarrolló la formación de una serie de fallas corticales que seccionaron al orógeno, dando origen a bloques con movimientos diferenciales que en conjunto marcan una tendencia regional noroeste-sureste, y que básicamente configuraron el panorama paleogeográfico del Jurásico Superior, sobre el cual se depositó la secuencia marina del Mesozoico, cuyos registros sedimentarios se manifiestan a partir del Jurásico Superior. (Goldhammer, 1999).

Mesozoico. La etapa inicial de la segmentación de Pangea, o etapa de *rifting* se caracterizada por una topografía peneplaneada, y en el noreste de México por la presencia de bloques levantados del basamento que desarrollaron los elementos paleogeográficos como la isla de Coahuila, el arco Burro-Salado y el arco de Tamaulipas y depresiones que configuraron la cuenca de Sabinas y el canal de Monterrey. Los bloques del basamento se encontraban limitados por fallas laterales con movimientos izquierdos que actuaron durante el transcurso del Triásico Superior al Liásico, las cuales cortaron transversalmente al cinturón Permo-Triásico previamente desarrollado. Este sistema de fallamiento en conjunto con fallamiento normal, generaron los *rift-grabens* que controlaron la distribución y subsiguientes facies sedimentarias depositadas en las cuencas. La sedimentación relacionada a la apertura estuvo acompañada de actividad ígnea y desarrolla una secuencia de lechos rojos basales (Triásico Superior Jurásico Medio), conocida como grupo Huizachal, en conjunto con paquetes evaporíticos y diques de composición riolítica y andesítica. Se consideran que este estado de apertura (Goldhammer R. K., 1999) perduró hasta finales del Oxfordiano. Los más importantes movimientos intraplaca que dieron origen a este paisaje paleogeográfico, y que a su vez generaron un extenso

transporte de los bloques del basamento, lo generaron las megacizallas Mohave-Sonora, La Babia y San Marcos, todas con movimiento lateral izquierdo (Anderson, H. T. y Schmidt A. V, 1983). Se considera a la Mohave-Sonora como la falla del basamento que modificó gran parte del paleorelieve y el modelo de sedimentación durante el Mesozoico en la porción sur del bloque de Coahuila, formo lo que actualmente se conoce como cuenca de Parras y el sector transversal de Parras de la Sierra Madre Oriental; en tanto que en la margen norte de dicho bloque, resalta la falla San Marcos, que corresponde con un lineamiento estructural regional con más de 300 km de largo, rumbo este-noroeste e inclinado hacia el nor-noreste y separan el bloque de Coahuila del cinturón plegado de Coahuila. (Chávez-Cabello, et. al., 2005).



Durante el Mesozoico, precisamente a partir del Jurásico Tardío, el patrón sedimentario estuvo gobernado por una serie de elementos emergidos, y otros en constante subsidencia; conocidos los primeros como Isla o bloque de Coahuila, península de Tamaulipas o plataforma del Burro Salado, península de Aldama en Chihuahua e isla de la Mula en la porción central de la cuenca, mientras que los segundos, incluyen la cuenca de Sabinas y su extensión hacia el noroeste conocida como cuenca de Chihuahua las cuencas La Popa y Parras, hacia el sur, y la cuenca Mexicana hacia el oeste, tal y como se ilustra en la figura 24. (Goldhammer, 1999).

Hacia el Neocomiano-Aptiano en los bordes del bloque de Coahuila las condiciones de sedimentación permiten el depósito de un paquete de materiales clásticos constituidos por la Formación San Marcos; sin embargo, a partir del Albiano, y durante gran parte del Cenomaniano, las condiciones orogénicas permiten el depósito de carbonatos de plataforma y plataforma abierta (hacia el sur), en tanto que en la margen Pacífica prevalecía un magmatismo de arco (Formación Alisitos). A partir del Albiano las condiciones batimétricas prevalecientes sobre el bloque de Coahuila, dieron lugar al desarrollo de ambientes propicios de plataforma somera en los que proliferaron organismos constructores de arrecifes. Kesler y Jones, (1981), proponen que el estroncio en la celestita deriva de la

Figura 24. Evolución de ambas márgenes del norte de México a partir del Paleozoico tardío (tomado de Goldhammer, 1999).

Formación Acatita, mientras que el bario y el estroncio de la barita muy posiblemente provienen del lavado de rocas clásticas presentes en el basamento. El depósito de celestita-fluorita es la prueba de un cambio brusco en las condiciones de generación de fluidos. (Trilla et., al., 2005).

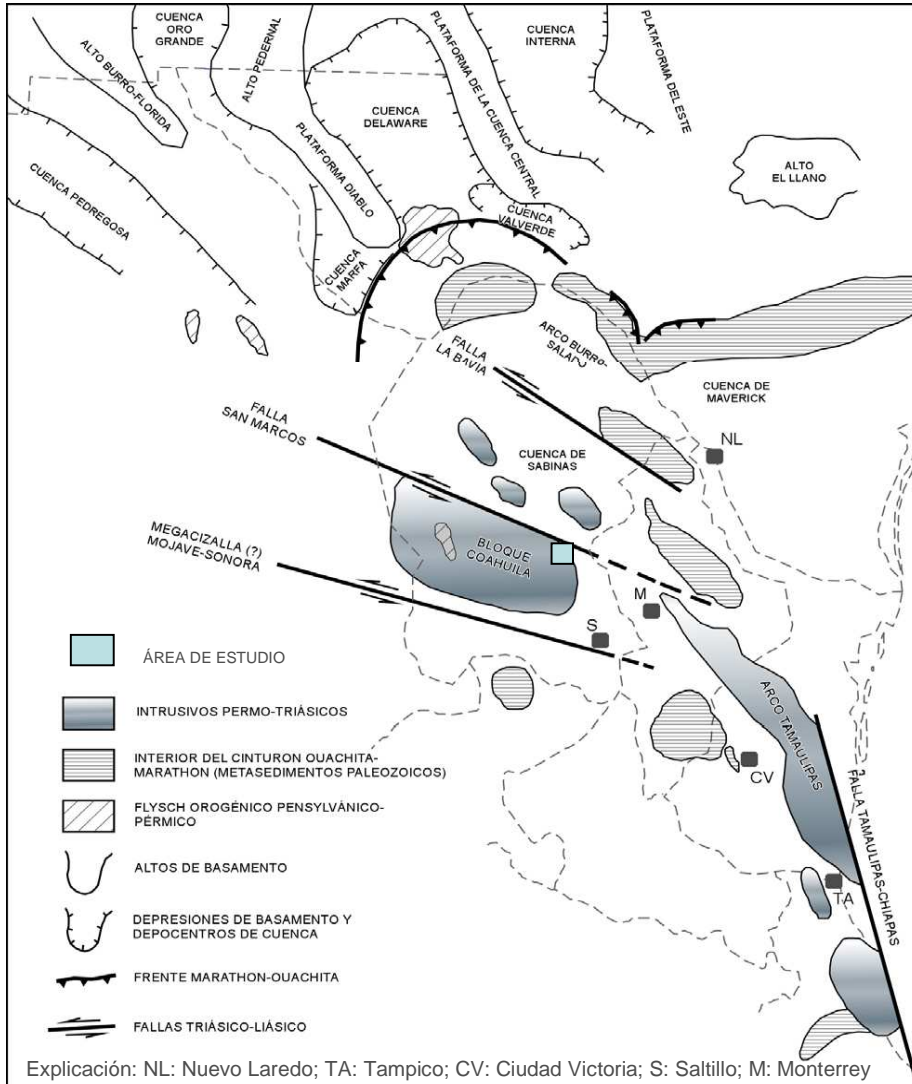


Figura 25. Mapa paleotectónico post-Paleozoico, mostrando la posición de las megacizallas que originaron el desplazamiento del complejo acrecional Marathon-Ouachita. (Modificado de Goldhammer 1999 en Puente Solís 2007).

dinámica necesaria que permite la colisión del terreno Guerrero (TG) contra la margen occidental del terreno Sierra Madre (TSM), que se pone de manifiesto mediante el aporte regular y continuado de clásticos finos que llegan a tener su máxima expresión en el Cenomaniano, cuando se vuelven más persistentes, lo cual evidencia un levantamiento y la inestabilidad tectónica de la franja acrecionada y genera, a su vez, el depósito de secuencias clásticas rítmicas turbidíticas, que son características de las formaciones del Cretácico Superior. (Goldhammer, 1999).

A partir del Cenomaniano Tardío, el patrón sedimentario del noreste de México y en particular el del sector correspondiente a la Sierra Madre Oriental y cuenca de Parras, experimenta un cambio radical en su modelo sedimentológico, para dar lugar al depósito de una megasecuencia predominantemente terrígena, con horizontes subordinados de material calcáreo, que parecen anunciar la apertura de un ciclo tectónico-orogénico que sería el resultado de una posible aceleración en el régimen subductivo de la placa, o tal vez un incremento en el ángulo de colisión en la margen activa del Pacífico. Por otra parte, en la Sierra Madre Oriental la deformación migraba de oeste a este y las Cuencas de antepaís se desarrollaron (Parras y La Popa) en el frente de avance de la sierra, como se aprecia en la figura 25. (Goldhammer, 1999).

El resultado de este significativo cambio tectónico en las márgenes de las placas activas, muy probablemente generan la

La dolomitización puede ocurrir sincrónica con el depósito calcáreo mediante procesos diagenéticos como reflujos evaporíticos o *sabkha* y mezcla de aguas o bien puede ocurrir posterior al depósito. (Ortiz y Castillo 1997).

Cenozoico. Como reacción al término de la subducción de un segmento de la Placa Pacífico (Farallón) bajo la margen continental de América, y al consumirse en su totalidad la placa oceánica en la zona de la trinchera, se suscitó la interacción de la dorsal con la fosa, dando como resultado un cambio radical en la dirección de los sistemas y vectores de deformación, creando con ello una fase netamente distensiva, caracterizada por fallamiento normal (Atwater T., 1970). Al cesar los esfuerzos compresivos durante el Terciario inferior y medio, se manifiesta una época de reacomodo distensivo que dio origen a extensas fallas normales con dirección norte-sur y noroeste-sureste, probablemente ubicadas sobre los planos de las fallas compresionales previamente generadas. Asociado con este periodo de inestabilidad, a partir del Eoceno y durante el Oligoceno y el Mioceno, tiene lugar una extensa actividad ígnea que se refleja con más intensidad en la zona de Concepción del Oro, con derrames volcánicos aislados en la sierra La Paila y en forma incidental en los afloramientos de rocas intrusivas manifestadas en estructura de "mantos" que afectó a la carpeta sedimentaria de la sierra La Paila. (Chávez-Cabello, et. al., 2005).

En la actualidad, la dinámica es extensiva y continental, manifestada por el constante relleno de los valles intermontanos con materiales poco consolidados producto de la erosión de las zonas topográficamente altas.

Tectónica. Una reconstrucción de la evolución tectónica en la región comprendida por la sierra La Paila puede esquematizarse si considera la evolución de la provincia de la Sierra Madre Oriental, misma que en la subprovincia de la sierra de La Paila, corresponde con una cordillera integrada por secuencias mesozoicas depositadas sobre un complejo basal, sedimentos que han sido levantados, comprimidos y transportados por el evento tectónico relacionado a la orogenia Laramide.

En dicha región se tiene como marco el definido por la historia geológica del elemento paleogeográfico denominado isla o plataforma de Coahuila, cuyos registros de coberturas sedimentarias marinas van desde el Cretácico Inferior hasta el Cretácico Superior, por lo que la evolución sedimentológica y tectónica en estos elementos, refleja exclusivamente los efectos geodinámicos ocurridos a partir de la edad primeramente mencionada.

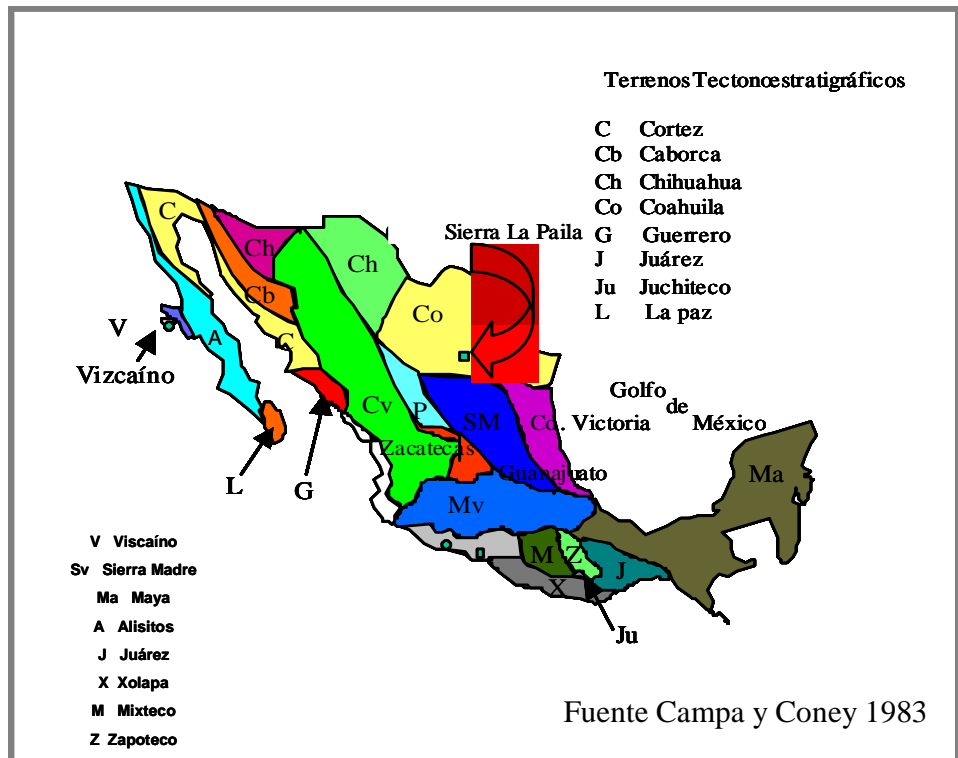


Figura 27. Terrenos tectonoestratigráficos.

En referencia al concepto de terrenos tectonoestratigráficos, el área de estudio se encuentra ubicada en el terreno Coahuila donde se depositó la columna sedimentaria mesozoica, sobre un basamento que se estima fue formado durante el Paleozoico tardío que corresponde a una secuencia gruesa de rocas marinas del Pensilvánico Medio (?) al Pérmico, así como cuerpos intrusivos del Triásico (Chávez Cabello, 2005), al cierre del océano Proto-Atlántico (Coney P. J., 1981; Campa U. M. F. y Coney P. J., 1983). De acuerdo con estos autores, el Terreno Coahuila está constituido en dos partes, una de rocas metamórficas de bajo grado, cuyo origen se relaciona con la porción interna del sistema Marathon-Ouachita (Flawn P. J. et al., 1961), el cual traslapó al terreno Chihuahua a lo largo de una zona de fallamiento. Las rocas de este terreno, dentro de las que destacan filitas, mármol y cuarcitas de facies esquistos verdes, afloran en las vecindades de la sierra del Carmen, en la región norte del estado de Coahuila (Flawn P. J. y Maxwell R. A., 1958). La otra porción, la constituyen las rocas que aflora en las cercanías de Delicias, estado de Coahuila., en donde desarrolla una gruesa secuencia de sedimentos de tipo flysch, de edad Pérmico-Pensilvánico, parcialmente intrusionada por rocas de composición granítica y granodiorítica de edad Triásica conforme a las estimaciones de Wardlaw B. y colaboradores (1979). (Figura 27).

Discordantemente a los materiales con leve metamorfismo del terreno Coahuila sobreyace una amplia cobertura de sedimentos clásticos, evaporíticos y carbonatados, cuyo origen está íntimamente relacionado con la proximidad o alejamiento respecto a los elementos paleogeográficos configurados durante el transcurso del Mesozoico Temprano (Triásico-Jurásico basal), tales como los bloques Burro-Tamaulipas y Coahuila (sierra La Paila) y las depresiones representadas por la cuenca o Golfo de Sabinas, y el mar Mexicano en su sector transversal; conjunto de elementos que influyeron activamente en el modelo sedimentario y posterior deformación de los materiales de la cobertura, los que en conjunto definen el conjunto estructural del sector de Torreón-Saltillo, de edad laramídica, caracterizado por plegamientos anticlinales estrechos y alargados, en ocasiones doblemente buzantes y orientados preferentemente en dirección oeste noroeste-este sureste a noroeste-sureste.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

Los yacimientos de minerales metálicos y no-metálicos son depósitos de celestita, barita, fluorita, dolomita, cobre y oro que ocurren principalmente en los bordes de la sierra La Paila. Asumiendo que las grandes concentraciones de minerales indican también la existencia de procesos característicos, podemos observar un comportamiento regional en el sentido vertical (estratigráfico), ya que este tipo de distribución podría representar un zoneamiento regional para los depósitos estratoligados de celestina, barita y fluorita. Todos los cuerpos de fluorita y dolomita se alojan en las capas de caliza de la Formación Treviño, ya sea justo en el contacto con las arcillas de la Formación Indidura suprayacente o a lo largo de esta. Los cuerpos de celestita y barita que se emplazaron en las capas de caliza-yeso de la Formación Acatita. El cobre se encuentra en la Formación San Marcos. La distribución de los depósitos conforma un distrito bien definido conocido como distrito minero sierra La Paila, cuyos yacimientos fueron descubiertos desde 1950 para la empresa Minera La Valenciana. (Rivera Martínez, 2007).

Las provincias metalogenética concuerdan con las principales provincias fisiográficas (Camprubi, 2009), en el noreste de México corresponde con la provincia metalogenética de la Megacuenca de el Golfo de México donde se encuentran los depósitos epigenético y estratoligados. La provincia de los MTV (depósitos Tipo del Valle del Mississippi o MVT) fueron depositados en el estado de Coahuila y estados vecinos. (González Sánchez, 2007, 2009). La zona de estudio se encuentra dentro de la subprovincia de celestita descrita por González Sánchez (2007, 2009). Los depósitos de celestina muestran una tendencia a formarse principalmente en las rocas carbonatadas de plataforma Albianas, en las facies

evaporíticas asociadas (Formación Acatita) y/o en formaciones equivalentes en tiempo. Éstos se localizan preferencialmente sobre el Bloque de Coahuila. (Figura 28).

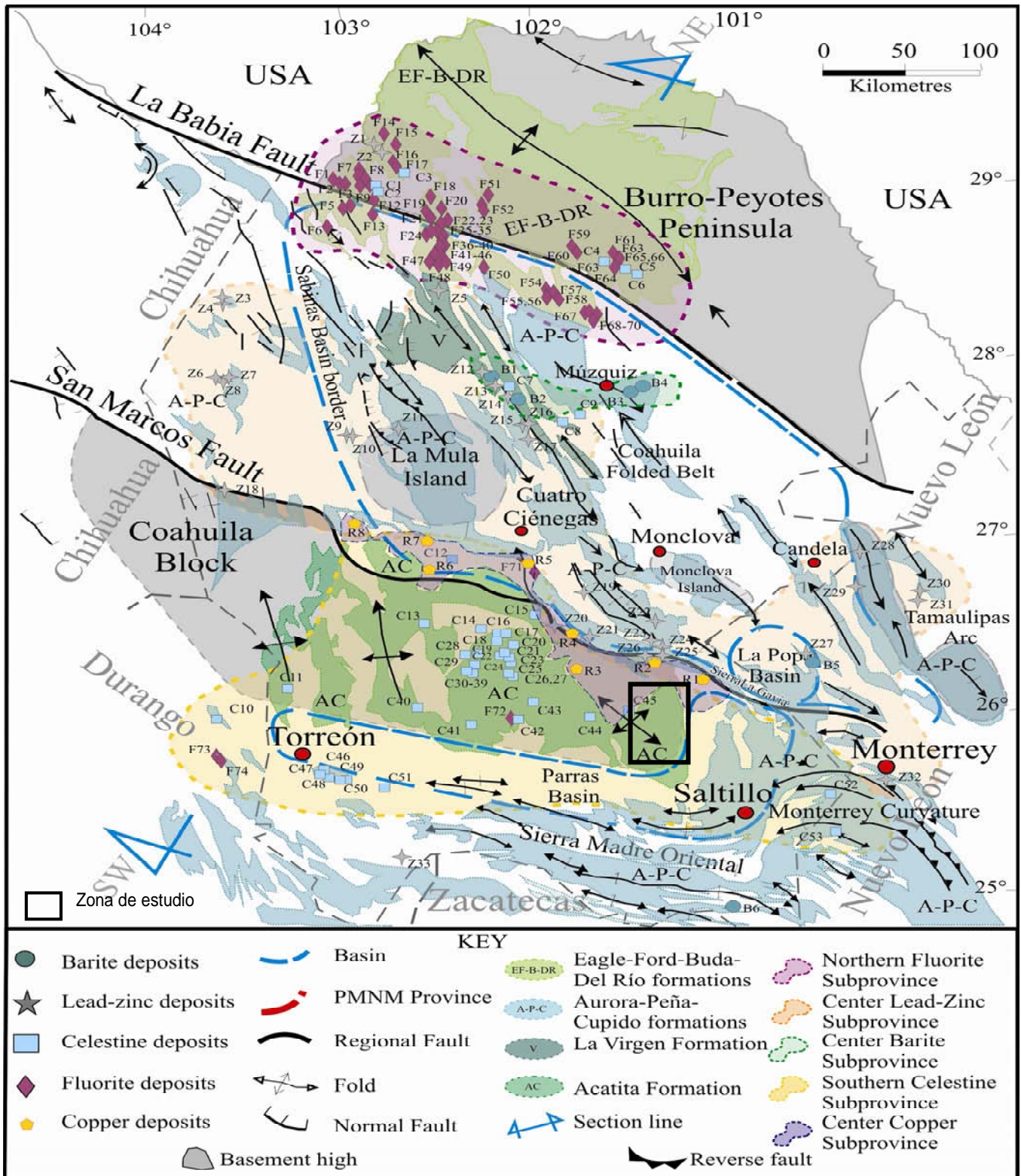


Figura 28. Provincia MTV del noreste de México, subprovincias de Celestita. Tomado González Sánchez 2008.

IV.1. TIPOS DE MINERALIZACIÓN

Para caracterizar los yacimientos, se colectaron muestras de esquirlas, rayos X (RX) e inclusiones fluidas, que fueron analizados en los laboratorios del Servicio Geológico Mexicano y se considera información confidencial porque el SGM realiza la venta de esta información al público en general.

El Consejo de Recursos Minerales (COREMI) actualmente Servicio Geológico Mexicano hace referencia a los yacimientos en la zona de la sierra de la Paila y Alamitos en el distrito minero Paila-Alamitos en el que existen depósitos de celestina y fluorita, explotados por la compañía minera La Valenciana, S.A., en las minas San Agustín y Piedras Negras. La mina San Agustín es la compañía más antigua y la principal productora de estroncio en México desde 1969. Explota celestita en la mina subterránea San Agustín y en otras de menor importancia, ubicadas en el Municipio de Ramos Arizpe. En San Agustín, los contenidos en SrSO₄ son en promedio del 92%. El contenido en SrSO₄ es elevado al 94% en la planta de tratamiento de Estación Marte, que suministra una capacidad instalada de 60 000 toneladas por año, de carbonato de estroncio a la planta de Torreón. La producción se obtiene principalmente en granulados y se exporta a Japón y Estados Unidos.

El Consejo de Recursos Minerales reporta tres zonas con depósitos que tienden a tener similitudes: en la porción sur predominan los mantos, en el centro zona de mantos con vetillas y en la zona norte predominan las vetas. Las vetas se encuentran emplazadas en rocas carbonatadas Cretácicas que rellenan fracturas y los depósitos tipo "manto" se encuentran emplazados en calizas. Los minerales de mena son celestita y fluorita y los de ganga incluyen barita, calcita, yeso y minerales arcillosos. La exploración siempre se ha llevado a cabo de forma subterránea, con frentes, cruceros, pozos y tiros sobre el mineral que generalmente es masivo. (SGM, 1997, Ramos Rosique, 2004).

Aunque se ha generado información geológica de la región, es poco conocido que en esta zona existen un gran número de yacimientos de fluorita, celestita y barita que han sido tipificados recientemente como del tipo del Valle del Mississippi (Mississippi Valley Type Deposits o MVT), ya que son epigénéticos, normalmente estratoligados y conformados a partir de soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión. (Tritlla J. et. al., 2005).

Los depósitos conocidos como tipo Mississippi Valley fueron definidos para los depósitos de Pb-Zn en 8 distritos mineros y para algunos depósitos subeconómicos de pequeña magnitud, dispersos a través de la región del valle del río del mismo nombre (Bastin, 1939; Ohle, 1959, 1980; Snyder, 1968). Las mineralizaciones generalmente denominadas como Mississippi Valley-type (MVT) son epigenéticas, normalmente estratoligados, y están formadas a partir de soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión, con o sin la presencia de hidrocarburos (Sverjensky, 1984, 1986, 1989). Además, en la actualidad se perciben como una parte normal de la evolución de una cuenca sedimentaria (Anderson y Macqueen, 1998).

No obstante la abundante presencia de esta tipología en el Valle del Mississippi, existen algunos distritos de clase mundial en otros continentes. Mundialmente, la distribución de los MVT se realiza en rocas carbonatadas de plataforma, observándose una fuerte preferencia en series con rocas dolomíticas, en las que el depósito está generalmente restringido a los límites periféricos de las secuencias de plataforma y/o en cuencas intracratónicas (Sangster, 1990).

A partir de 2002, en el Centro de Geociencias de la UNAM ha realizado una serie de estudios enfocados a estos minerales en el estado de Coahuila, de los que han efectuado diversas publicaciones y trabajos de tesis como por ejemplo la de Ramos Rosique, (2004), en el que analiza la sierra de Alamitos y concluye que los depósitos de celestita son del tipo MVT.

Puente Solís, (2007), estudió los mantos de celestita de la sierra El Venado y concluye que por las observaciones de campo y los resultados en las inclusiones fluidas los depósitos son del tipo MVT.

Villarreal Fuentes, (2007), se refiere a los mantos de celestita de la sierra de Alamitos y apunta que su origen se relaciona al reemplazamiento de unidades evaporíticas de la Formación Acatita en las que la precipitación de celestita es producto de la mezcla de fluidos.

Finalmente, González Sánchez (2009), propone una nueva provincia metalogenética denominada Provincia MVT del noreste de México en base a la geología regional, las características de los depósitos MVT y su distribución, y a su vez la subdivide en cuatro subprovincias: Sur de celestita, Central de Zn-Pb, Central de barita y Norte de fluorita.

Estas tesis son los trabajos en extenso de los artículos publicados por los grupos de Eduardo González Partida y Jordi Tritlla.

IV.1.1. YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS DE CELESTITA Y BARITA

Conocida desde la década de los años 40 esta zona se ubica en el distrito minero sierra La Paila que ha sido productor de mineral de celestita a partir de los años 60, cuando se establece la Compañía Minera La Valenciana S.A. de C.V. El distrito se ubica en los bordes de la sierra La Paila.

La mina San Agustín, propiedad de la Cía. Minera La Valenciana S.A. de C.V., se encuentra fuera de las cartas, pero dentro del distrito minero sierra La Paila, es un conjunto de varias obras mineras subterráneas en las que el estroncio se presenta en dos mantos de 2.0 m de espesor en los que se observan al menos dos etapas de depósito de celestita. La orientación predominante es E-W. A finales del siglo pasado era la principal mina productora de celestita a nivel mundial. (Ramos Rosique, 2004).



Figura 29. Acercamiento a la entrada de la mina de celestita Simonita, al sureste del ejido Las Coloradas.

Los rasgos tectónicos y estructurales más importantes son los anticlinales Cielo Azul y el Hueco expuestos del lado del ejido de Las Coloradas y donde se encuentran la mayor parte de las minas de celestita, como en el caso de la mina Simonita. (Figura 29).

De las unidades referidas, destaca la Formación Acatita por encontrarse estrechamente relacionada con la mineralización, ya que constituye la roca encajonante en todos los depósitos de la zona. La caliza-yeso de la Formación Acatita está dispuesta en capas que tienen espesores de 70 cm a más de 1 m y frecuentemente masivas. Es profusamente fosilífera y parcialmente dolomítica, con alto contenido de yeso y normalmente no presenta deformación, por lo que generalmente los estratos son subhorizontales, con echados que van de 10 a 25° de intensidad, excepto en la zona del pliegue recostado donde presenta

deformación que afecta casi toda la zona mineralizada; su contacto con la Formación Treviño está prácticamente sano, no obstante, refleja una fuerte disolución; forman cavidades, mantos y brechamiento que indican la presencia de cuerpos de celestita.

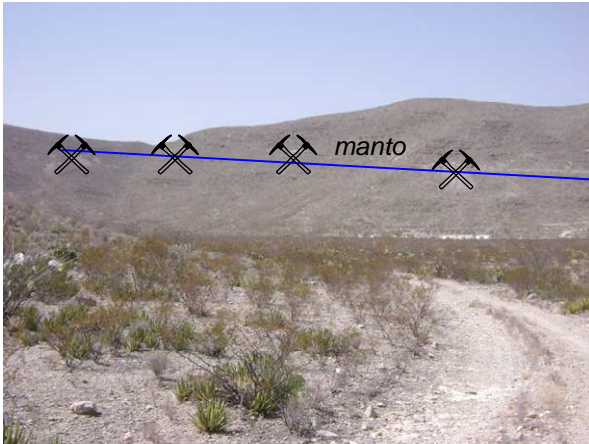


Figura 30. Panorámica de obras mineras en manto de celestita, al sureste del ejido Las Coloradas.

De las observaciones de campo se pudieron distinguir las formas de estos yacimientos. La primera es estratiforme, se aloja sólo en la caliza-yeso de la Formación Acatita, con espesores de 0.20 metros hasta 2.5 metros. De esta manera, la mineralización de celestita-barita está conformada por mantos principalmente, los más importantes, extensos y conocidos, en la caliza-yeso de la Formación Acatita. (Figura 30). La segunda igualmente en forma de mantos de 0.1 a 3 metros de espesor de celestita. Existen en los mantos de celestita evidencias de emplazamiento de fluorita que adoptan una actitud estratiforme, aunque existen fracturas irregulares alimentadoras que atraviesan las capas.

En la porción oeste casi centro de la carta Sierra La Paila, el rasgo estructural más importante es el anticlinal La Paila, en cuyo núcleo afloran las rocas más antiguas representadas por la caliza-yeso de la Formación Acatita. La mineralización de celestita y barita dentro del área está representada principalmente por minas abandonadas de celestita como Chuyin, Don Nacho, Las Cuevas (figura 31), Las Cuevas II y Mayra. La mineralización se presenta principalmente en forma de mantos, de rumbo general NE-SW, echado al NW y SE, con longitud de 10.0 m, a 40 m, espesor de 1.0 m, a 2.0 m, los más importantes, extensos y conocidos se tienen encajonados en la caliza-yeso de la Formación Acatita, así como a lo largo del espesor en caliza, en donde el sello lo conforman "horizontes" de caliche de color blanco.

Los cuerpos mineralizados están conformados por celestita (SrSO_4), acompañada de barita (BaSO_4), calcita y, cantidades menores de fluorita, hematita, arcillas, y sílice.

No hay alteraciones evidentes que señalen la presencia de celestita. Se pudieron observar, sin embargo, algunas guías de alteración que incluyen la presencia de caliche, el yeso se observa brechado.



Figura 31. Mina de celestita Las Cuevas, se observa el cuerpo en forma de manto.

IV.1.2. YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS DE FLUORITA

Desde el punto de vista paleogeográfico se encuentran ubicados en la isla de Coahuila. Los rasgos tectónicos y estructurales más importantes son los anticlinales La Paila y el Mimbres en cuyo núcleo afloran las rocas más antiguas que corresponden a la caliza-yeso de la Formación Acatita.

Se identificaron las formaciones Acatita, Treviño e Indidura que conforman una secuencia cuya edad va del Aptiano al Turoniano, compuesta por sedimentos marinos y continentales y con eventos riolíticos que cubren a la Formación Treviño.

De las unidades referidas, destacan las formaciones Treviño e Indidura por encontrarse estrechamente relacionadas con la mineralización. En todos los depósitos de la zona la caliza de la Formación Treviño tiene capas de 1 m o más de espesor, es fosilífera y está dolomitizada en ocasiones forman cuerpos estratiformes. Presenta fuerte disolución, forma cavidades, mantos y brechamiento que indican la presencia de cuerpos de fluorita.

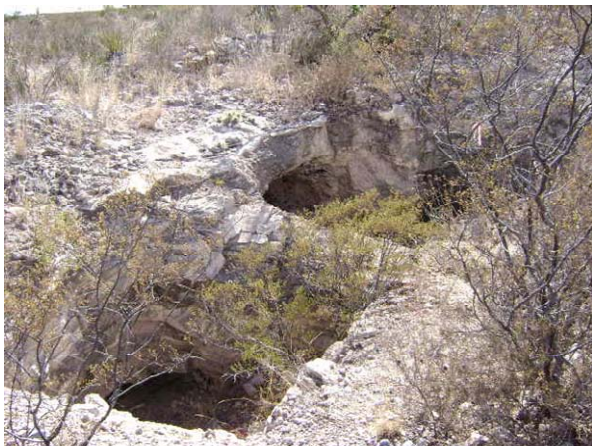


Figura 32. Mina de fluorita La Morada. Ejido de Cosme.

Las capas arcillosas y calcáreas de la Formación Indidura descansan concordantemente por encima de la Formación Treviño. Representa igualmente una importante guía para la mineralización en la que las lutitas y limonitas conforman un sello y la caliza alberga la mineralización.

En el campo se pueden distinguir las formas de los yacimientos asociada al contacto de las formaciones Treviño e Indidura; en donde forman mantos y vetas de fluorita con rumbo general NW-SE, e inclinación en promedio de 78° al SW, como en la mina La Morada (Figura 32), con espesores que van desde decenas de centímetros hasta 2 metros. Ocasionalmente se presenta como veta o en algunos depósitos ocurren ambas formas. De esta manera, la mineralización de fluorita está conformada por mantos y vetas en la caliza

de la Formación Treviño, con evidencias de emplazamiento de fluorita, a través de fracturas irregulares alimentadoras que cortan las capas. (Figura 33). El contacto entre la Formación Treviño e Indidura fue favorable para la precipitación y enfriamiento de las soluciones mineralizadas saturadas con CaF_2 . La mineralización es fluorita, en forma de vetas en las minas como Tatahilaro y Olga, así como mantos en las minas El Carmen, Omega y La Colorada. Se trata entonces de relleno de mineral de fluorita acompañada de calcita.

No hay alteraciones evidentes que señalen la presencia de fluorita. Se observó sin embargo, algunas guías de alteración que incluyen la presencia de caliche, una intensa recristalización del pedernal propio de la caliza de las formaciones Acatita y Treviño, que toma un color rojo lustroso, quebradizo y muy duro, y que le confiere a la caliza una coloración rojiza, diferente del gris claro que le es característico.



Figura 33. Estructura de manto de fluorita, en la entrada a la mina La Morada.

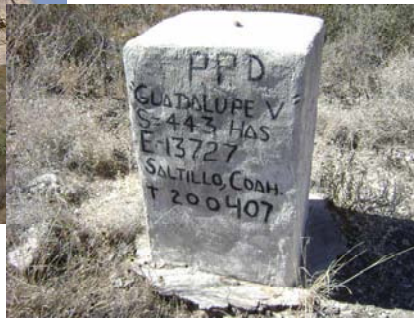
IV.1.3. DOLOMITA

Los depósitos se encuentran en los extremos de la sierra como la mina San Luís. Se caracteriza por ser el flanco oeste y de mayor longitud y más suave del anticlinal Cielo Azul, por lo que afloran las rocas más jóvenes que corresponden a la caliza de la Formación Treviño, lutita-caliza de la Formación Indidura y la caliza-lutita de la Formación Parras.

De las unidades referidas, destaca la Formación Treviño por encontrarse estrechamente relacionada con la mineralización de dolomita, ya que constituye la roca encajonante en todos los depósitos del área. La caliza de la Formación Treviño está dispuesta en capas que tienen espesores de más de 1 m, y frecuentemente masivas. Es profusamente fosilífera y dolomítica como en el cañón de Loma Prieta en la manifestación de mineral Guadalupe, casi no presenta deformación, por lo que generalmente los estratos son casi horizontales, con echados que van de 8 a 20° de intensidad (Figura 34).



Figura 34. Manifestación mineral Guadalupe de dolomita Formación Treviño.



En la mina Sotolar se observan mantos de 50 a 100 metros de espesor de dolomita (Figura 35). La mina se encuentra en reactivación para extraer dolomita de un cuerpo estratiforme de rumbo N15°E, echado de 11° al NW y dimensiones de 50 m, de longitud y 4 m, de espesor. La mineralización de dolomita en la mina La Paloma está conformada por

mantos principalmente, los más importantes, extensos y conocidos, en la caliza de la Formación Treviño. Se trata de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) acompañada de calcita y cantidades menores de hematita, arcillas y sílice.

Los principales estados productores de dolomita son Coahuila y Nuevo León. La producción del primero corresponde a Altos Hornos de México que la usa para su autoconsumo; la producción del segundo, la generan empresas medianas que la explotan, procesan y venden. (Dirección General de minas 2006).

Existen tres principales usos para la dolomita en la industria siderúrgica. La primera es como fundente, adicionándola pura al alto horno en la primera etapa del proceso siderúrgico. Muchos de los grandes productores de acero tienen estratégicamente para este propósito sus propias minas de dolomita. La dolomita es triturada, cribada y adicionada a la mezcla sinterizada con el mineral de hierro y coque, todo esto pasa al horno de fundición. El fundente (caliza/dolomita) se convierte en la escoria que remueve el sulfuro y otras impurezas. El operador del alto horno mezcla la dolomita y la caliza para producir la escoria deseada, elaborada con las propiedades químicas óptimas, tales como puntos de fusión bajo y alta fluidez. La dolomita pura aquí no es tan importante como en otras aplicaciones de la siderurgia.



Figura 35. Mina Sotolar de dolomita, cerca del ejido La Paloma.

En segundo lugar, está la caliza dolomítica; (dolomita que ha sido calcinada alrededor de los 1,100°C o más.) El producto resultante contiene alrededor de 58% de CaO y 38% de MgO que se agrega al horno de oxigenación básica para ampliar el periodo de vida de las cubiertas refractarias, protegiéndolas de las impurezas presentes en el metal fundido. La adición de caliza dolomítica crea el MgO en la solución en la escoria, ésta proporciona una excelente capacidad de pulido mientras que las partículas en suspensión de MgO proporcionan un revestimiento protector excelente. Una gran cantidad de productores de cal, también producen caliza dolomítica, la cual es también usada en morteros para la construcción y otros sectores.

Finalmente, existe la dolomita refractaria que es dolomita calcinada a temperaturas mucho más altas (aproximadamente a 1,600°C) se emplea una dolomita de alta pureza (superior a 97% de CaO + MgO) para producir lo que se denomina dolomita calcinada a muerte. Ésta se utiliza como protector del ladrillo refractario en el horno de fundición y del cucharón, pero también es la materia base junto con el magnesio para la elaboración de la dolomita refractaria de magnesio. (Dirección General de minas 2006).

No hay alteraciones evidentes que señalen la presencia de dolomita, solo se necesita que el porcentaje de sílice sea menor a 65% para que sea rentable.

Génesis. El origen de la mineralización de celestita, barita, fluorita y dolomita ha sido objeto de diversas hipótesis que involucran desde un origen ígneo asociado a una etapa residual de fluidos con volátiles como el flúor durante la inyección de fluidos hidrotermales a relativamente baja temperatura provocado por cuerpos ígneos a profundidad, o bien una relación con los procesos generadores de depósitos tipo Mississippi Valley; esta última planteada recientemente por González P. E. y sus colaboradores, y por Tritlla J. et al. (Figura 36). Texturalmente, la mineralización muestra una amplia diversidad, desde reemplazamientos coloidales de grano muy fino hasta cristales de varios centímetros a pocos decimétricos que rellenan cavidades. También pueden predominar texturas que indican una rápida precipitación (coliformes, dendríticas, esqueléticas).

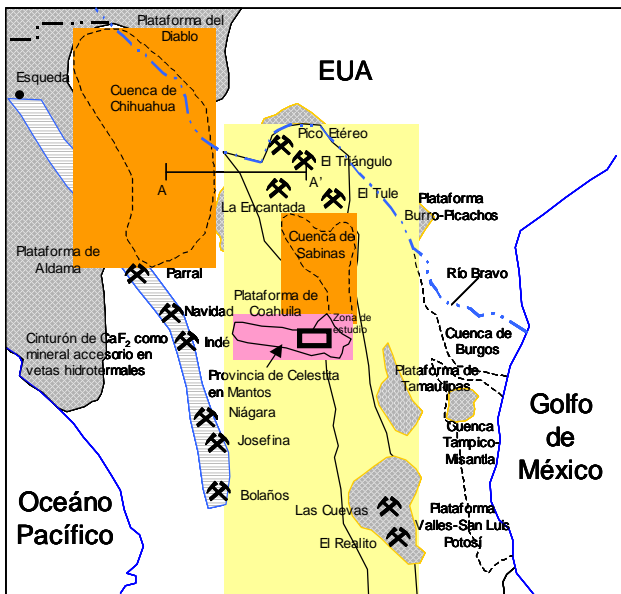


Figura 36. Plano que muestra la distribución de elementos paleogeográficos que intervienen en la generación de fluidos MVT.

Los depósitos se concentran cerca, o en los altos que rodean las cuencas sedimentarias. Normalmente, aparecen encajonados en series estratigráficas carbonatadas de plataforma, comúnmente dolomitizadas, con espesores variables. La distribución de los MVT suele estar controlada por elementos estratigráficos como límites litológicos, cambios de facies, presencia de karst; límites estructurales (fracturas, fallas, brechas tectónicas), sobre un horizonte determinado, de aquí su carácter estratoligado. En México este tipo de yacimientos están relacionados a los procesos de la Orogenia Laramide por lo que están comprendidos entre el Cretácico Superior al Terciario (Tritlla, 2006). Cuando se logra comprobar la edad de la mineralización se puede confirmar el carácter epigenético de estos depósitos debido a la

diferencia de edad en la roca encajonante y la de la mineralización.

Cabe indicar que en el noreste de México, además de los cuerpos estratoligados, aparecen vetas, skarns y stockworks emplazados en rocas carbonatadas del Cretácico. Estos cuerpos son muy distintos de los depósitos del oeste de Texas y de Nuevo México, ya que éstos últimos se emplazan en rocas volcánicas del Terciario medio y superior; genéticamente relacionados a las rocas alcalinas de la provincia magmática de Trans-Pecos (Clark et al., 1982).

El aspecto más controversial en los depósitos MVT es su génesis, además de los procesos involucrados en el transporte y depósito de los minerales. Las características mencionadas anteriormente soportan un origen diagenético, pero para ello en la actualidad existen cuatro modelos deposicionales diferentes, que implican el transporte de los metales y el azufre por separado, o de manera conjunta en diversos complejos, los cuales se mencionan a continuación.

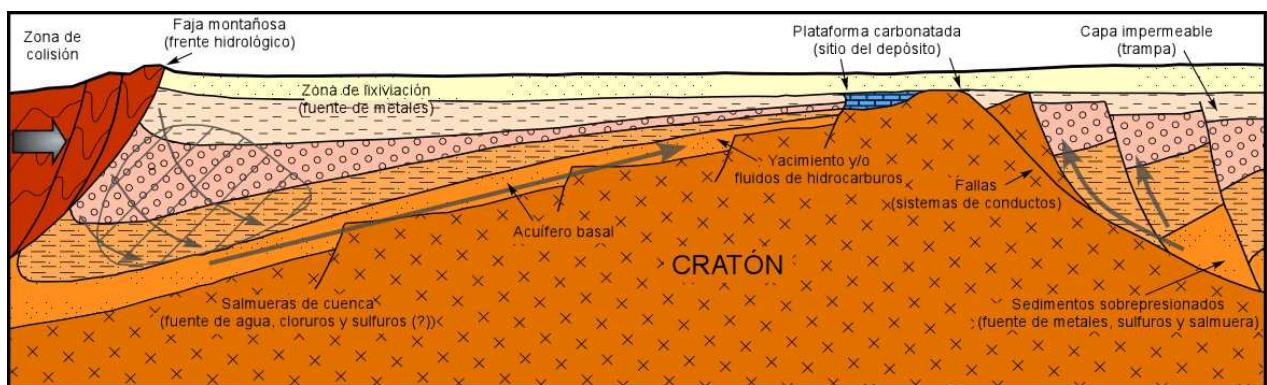
a) Uno de los modelos más aceptados, es el que implica mezcla, en donde se argumenta el transporte de los metales base y el azufre por separado, y en el que la precipitación mineral se produce cuando estos dos fluidos se mezclan (Beales y Jackson, 1966; Anderson, 1975).

b) Otros autores (Barton, 1967; Anderson, 1983; Macqueen & Powell, 1984; Garven, 1985) propusieron un modelo en que los metales base son transportados como sulfatos y donde la precipitación se produce debido a las reacciones de sulfatoreducción, posiblemente por la oxidación de la materia orgánica o metano, o cualquier otro agente reductor.

c) En un tercer modelo, se postula que los metales y el azufre (en estado reducido) son transportados en una misma solución a pH bajo, y la precipitación se produce de maneras diversas, con un incremento el pH de la solución, por enfriamiento de la solución, por una dilución en la misma, o por medio de combinaciones entre estos factores (Helgeson, 1970; Anderson, 1973; Sverjensky, 1981).

d) El último modelo propone la transportación de los metales mediante complejos orgánicos en soluciones neutras o alcalinas (Barnes, 1983), y la precipitación es consecuencia de una disminución en el pH o en el estado de oxidación de la solución.

Otro de los aspectos controversiales de los MVT es el origen de las soluciones mineralizantes y sus mecanismos de movilización. Actualmente, el modelo conceptual más aceptado propone que aguas meteóricas se infiltran en la corteza, interaccionando con materiales y niveles estratigráficos diferentes de la secuencia sedimentaria conforme profundizan. (Figura 37). El movimiento de esta agua evolucionadas sería producido por las variaciones en los niveles piezométricos de la cuenca (Garven, 1985; Bethke y Marshak, 1990), además de los cambios en la densidad del fluido, producto del gradiente geotérmico anómalo. Algunos autores (Noble, 1963; Jackson y Beales, 1967) proponen la compactación de la cuenca como mecanismo de flujo continuo de la solución, conservando la temperatura de la solución durante cientos de kilómetros como un flujo episódico hacia la roca carbonatada, a consecuencia de una sobrepresión (Sharp, 1978; Cathels & Smith, 1983)



Sistema mineral MVT (Modificado de Sverjensky, 1989)

Figura 37. Ilustración esquemática del sistema mineral MVT, modificado de Sverjensky (1989) en Puente Solís 2007.

En la sierra La Paila, la removilización de fluidos pudo ocurrir hacia el inicio de la actividad magmática, aunque la salmuera original parece tener una relación más directa con los procesos tipo MVT. La presentación en forma de mantos en la sierra La Paila podría ser un argumento a favor de este planteamiento, sin embargo, no se descarta la asociación que guarda el magmatismo con la mineralización.

La dolomita es un mineral común en las rocas sedimentarias continentales y marinas, se puede encontrar en capas de varios cientos de metros, y es uno de los minerales más difundidos en las rocas sedimentarias carbonatadas. Se forma por la acción del agua rica en magnesio, sobre depósitos calcáreos, en donde se produce una progresiva substitución del calcio por el magnesio; proceso que se conoce como dolomitización y es un caso concreto de substitución en general o metasomatismo (substitución de una sustancia por otra); también se forma por actividad hidrotermal.

IV.1.4. PROSPECTOS PARA YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE Cu.

En la Formación San Marcos se encuentran alojados los yacimientos de cobre estratiforme, que forman parte del cinturón cuprífero de Coahuila, (Guardia F. 1993, tomado de SGM, 1997); que inicia al sur de La Muralla, llega a Sierra Mojada Coahuila y aparentemente continúa hasta el estado de Chihuahua.

En 1993, el Ing. Frank Guardia (SGM, 1997), de nacionalidad inglesa, reconoció la naturaleza y el potencial de cobre estratiforme en algunos denuncios mineros localizados cerca de Cuatrociénegas, Coah., entre ellos el de Manto Rojo. Posteriormente junto con los concesionarios y socios canadienses formaron la Compañía Costa Dorada S.A de C.V., que después de un año logró un acuerdo con la *Broken Hill Property Ltd.* de Australia para formar un consorcio y explorar este tipo de yacimiento en la sierra de San Marcos. Otras compañías que han explorado en la región son *Noranda* y *Kennecott*. La Compañía B.H.P., realizó obras de exploración directa mediante barrenos con diamante, habiendo realizado además tajos a cielo abierto en la sierra de San Marcos.

De acuerdo con Brooks A., (1996), hay cuatro tipos de cobre estratiforme en el Estado de Coahuila y son: 1.- Tipo Lechos Rojos, 2.- Tipo *Kupferschiefer*, 3.- Tipo Intermedio y 4.- Tipo Conglomerado con cobre.

Las dimensiones del Cinturón Cuprífero en Coahuila designado por Guardia, son de aproximadamente 150 km de longitud por 30 km de ancho, y queda comprendido desde la Sierra La Muralla, hasta Sierra Mojada, Coah., con posibilidades de que continúe hacia el Estado de Chihuahua.

La mineralización de cobre está emplazada en la parte superior de la Formación San Marcos, que está constituida por los lechos rojos o bien en la zona transicional de su contacto con la Formación Acatita (expuesto en la Sierra de El Granizo); las alteraciones más notorias en las rocas encajonantes de los yacimientos estratiformes de cobre, es la oxidación producida por intemperismo, manifestándose con más intensidad en las limolitas hematíticas de la Formación San Marcos. Otras alteraciones presentes son cloritización, sericitización y ocasionalmente silicificación (SGM 1997).

Los yacimientos de cobre estratiforme del Valle San Marcos-El Jabalí forman parte del cinturón de cobre de Coahuila, definiéndose en esta localidad 2 modelos de yacimientos. El primero corresponde al de cobre tipo Lechos Rojos cuya mineralización de sulfuros y carbonatos está contenida en areniscas cuarzo-feldespáticas, limolitas carbonosas y conglomerado de la Formación San Marcos del Cretácico Inferior. Este depósito puede observarse claramente en el tajo de la mina Manto Rojo. El segundo corresponde a un yacimiento de cobre tipo *Kupferschiefer*, que ocurre en la parte superior de la

Formación San Marcos y en la base de la Formación Cupido, sobre el antiguo litoral formado entre la antigua isla de Coahuila y el golfo de Sabinas y cuya sedimentación indica el inicio de una transgresión marina en el Cretácico Inferior (SGM 1997).

En la carta Las Coloradas estos yacimientos ocurren en la Formación San Marcos en donde presenta oxidación y vetillas de cuarzo, especialmente hacia la zona del intrusivo; observando sólo la parte superior de la formación por lo que se requiere más trabajo de exploración. (Figura 38).



Figura 38. Vista de la oxidación y las vetillas de cuarzo en la Formación San Marcos, al sureste del ejido Las Coloradas.

El origen de los yacimientos de cobre estratiforme y particularmente los de tipo Lechos Rojos y *Kupferschiefer* de la Formación San Marcos, es motivo de controversia; la problemática fundamental radica en la distinción entre una estratificación original y otra pseudomorfa o bien entre cementante por diagénesis o por soluciones hidrotermales intersticiales (SGM 1997).

De acuerdo con Brown (1992) y Kikham et al (1989) tomado de SGM 1997, el cobre proviene de la lixiviación de los minerales que contienen cobre, como piroxenos, biotita, anfíboles, magnetita, plagioclasa y ortoclasa. Brown (op. cit., tomado de SGM 1997), considera que salmueras muy oxidantes, con pH de 6 a 9 y salinidades de 1 hasta 3 veces la del agua marina, son capaces de lixiviar cobre en forma de complejos de Cu_2Cl_2 y CuCl_3 . Rose, (1989 tomado de SGM 1997), propone que lixiviando solo 5 p.p.m. de cobre de los

minerales contenedores del mismo dentro de una cuenca de depósito y transportándolo hacia un medio ambiente sedimentario reductor, se puede depositar en capas, dando origen a depósitos de cobre estratiforme en cualquier ambiente sedimentario reductor originado por la materia orgánica en descomposición o por la acción de las bacterias y en donde exista una fuente de iones metálicos con condiciones favorables de pH y EH, lo que podrá originar la precipitación de sustancias que darán lugar a yacimientos de cobre estratiforme.

La teoría de que el cobre estratiforme sea singenético no es factible, ya que se encuentra dentro de ciertas capas reductoras, de varias localidades transgreden los límites de las unidades estratigráficas (Brooks 1996, tomado de SGM 1997). Otros investigadores consideran que este tipo de yacimiento es de origen epigenético y/o originado dentro de un sistema hidrotermal. Por lo anterior y debido al carácter regional del estudio, el origen de los yacimientos de cobre de la región es incierto y abierto a nuevas investigaciones. El potencial de los yacimientos de cobre estratiforme se considera de gran interés en base a las características geológicas de mineralización, distribución de yacimientos, prospectos y sus antecedentes; sin embargo aun no se conocen sus reservas y perspectivas económicas de explotación, ya que los yacimientos aún se encuentran dentro de la fase de exploración.

IV.1.5. PROSPECTOS PARA YACIMIENTOS DISEMINADOS DE Au.

En la zona de San Hipólito se encuentran dos minas abandonadas denominadas Beatriz y Ampliación Santa Fe en la que megascópicamente no fue posible reconocer ningún tipo de mineralización que pudiera considerarse como constituyente de algún yacimiento mineral. Sin embargo, por referencias orales, en pláticas sostenidas con los pobladores, se presume que el oro, que se constituiría como la mena de este yacimiento, está asociado principalmente a los horizontes de yeso y nódulos de hematita

que contiene la Formación Indidura. En estas condiciones, de existir mineralización de oro, se consideraría que sería de origen hidrotermal y su posible fuente serían los cuerpos ígneos intrusivos que no afloran en la zona pero que tendrían una respuesta magnética de acuerdo con los estudios de magnetometría llevados a cabo por el SGM en 2007. No se definió ninguna estructura mineralizada como tal, pero aceptando la tesis de que el oro estaría asociado a las capas de yeso y nódulos de hematita de la Formación Indidura, probablemente el depósito es diseminada. Los minerales observados en las áreas que se han considerado de interés, son calcita, yeso y hematita, que se presume están asociados a oro en partículas nanométricas. La principal alteración es ligera oxidación que es consecuencia de la alteración y desintegración a que están sujetos los nódulos de hierro que contienen algunos estratos de caliza de esta Formación. El rebaje principal tiene una longitud de 63 m y una altura de 5 m, que sirvió para explorar una parte de la Formación Indidura. En ningún caso las obras han servido para explorar estructura mineralizada alguna, solamente para tener acceso a zonas que se consideran con posibilidades de contener la mineralización. (Figura 39).



Figura 39. Mina Ampliación Santa Fe, se observan los nódulos de hematita y las capas de yeso de la Formación Indidura.

Similar a la anterior existe una obra denominada La Minita (al parecer un tiro tapado), donde según los pobladores extraían oro y plata; sólo se observa un dique andesítico que corta a la Formación Indidura en esta obra. (Figura 40).

IV.2. DISCUSIÓN

En el apartado de génesis del capítulo anterior, se consideraron las diferentes posibilidades en relación a los yacimientos de celestita, fluorita, barita y dolomita del distrito minero de sierra La Paila. Se propone por tanto, un modelo simple que involucra volátiles ricos en flúor, estroncio y bario, cuyo emplazamiento dio lugar a



Figura 40. Vista de la mina La Minita, dique andesítico que corta a la Formación Indidura. A las afueras del ejido de Cosme.

la removilización de fluidos generados distalmente, es decir, mediante procesos genéticos que parecen estar asociados a un modelo MVT, mezclado con aguas meteóricas descendentes. (González Sánchez, 2008).

En consecuencia, se describen a continuación las características del modelo propuesto:

Migración de fluidos ricos en flúor y otros componentes como bario y estroncio de la cuenca a las márgenes de la plataforma y emplazamiento en las calizas más porosas, y en fracturas generadas por la tectónica extensional del Paleógeno-Neógeno.

Las tres especies minerales (fluorita, celestita y barita) pudieron pertenecer en inicio a un mismo fluido, el que, conforme ocurría su ascenso por el grueso paquete sedimentario, evolucionó gradualmente depositando en primera instancia barita, celestita y al final fluorita, todo esto con base, posiblemente al índice de solubilidad de cada una de las especies (Ramos Rosique, 2004).

Emplazamiento selectivo y final de fluorita en las capas de la caliza de la Formación Treviño. Al parecer, la migración de fluidos se ve restringida y sellada por las lutitas calcáreas propias de la Formación Indidura, y propicia la precipitación de los cuerpos de fluorita. La presión asciende y los volátiles remontan con violencia para formar brechas, y reemplazamiento selectivo en los planos de estratificación al no encontrar salida hacia arriba. De este modo, es la caliza la roca receptora y encajonante de la mineralización, que por supuesto adopta la forma de mantos. (Figura 41).

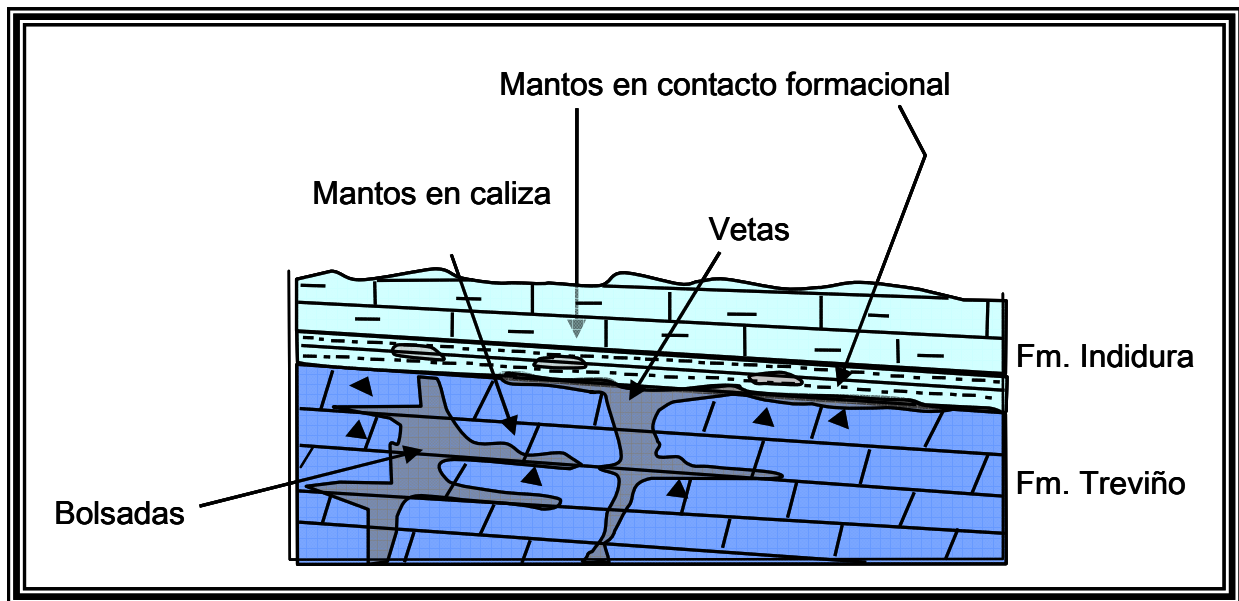


Figura 41. Sección que indica el emplazamiento de los cuerpos mineralizantes. Fuente Ing. David Barbosa inédito.

En la región existen importantes afloramientos de dolomita algunos de los cuales constituyen yacimientos de interés que han sido explotados o está planeada su reactivación.

El modelo de los yacimientos de dolomita (figura 42) indica un depósito en forma de manto estratiforme, formado a partir de la sedimentación de rocas carbonatadas durante la transgresión marina iniciada en el Cretácico Inferior. El proceso de dolomitización ha sido intenso y es frecuente que la roca original

esté reemplazada totalmente por la dolomita, considerando que en determinadas localidades la dolomitización es mayor, lo cual puede atribuirse a procesos hidrotermales posteriores en el sentido más amplio, es decir con o sin implicaciones de tipo magmático

En la distribución de los depósitos según su sustancia se pueden observar a nivel regional patrones de concentración preferenciales. Esto último no es una regla inequívoca, ya que la concentración de una sustancia sobre otra, sugiere la existencia de controles litológicos, geoquímicos y/o combinaciones entre ellos, diferentes a los implicados en la formación de cuerpos mineralizados para una sustancia diferente. Aunque en la disciplina de trabajo de los yacimientos minerales, las características mineralógicas y químicas de las rocas encajonantes son aspectos frecuentemente ignorados.

En los depósitos MVT la distribución de las facies sedimentarias carbonatadas sugiere un control importante para la concentración de ellos, además de los controles estructurales, geoquímicos y las diferentes combinaciones entre ellos.

De acuerdo con las observaciones de campo, el potencial en el distrito quede abierto para mineral de celestita, barita, fluorita, oro y cobre. De hecho la porción centro norte del distrito tendría igualmente buenas expectativas tomando en cuenta las guías de mineralización que incluyen la presencia de mantos de caliche, recristalización de pedernal, e incluso las alteraciones de los intrusivos.

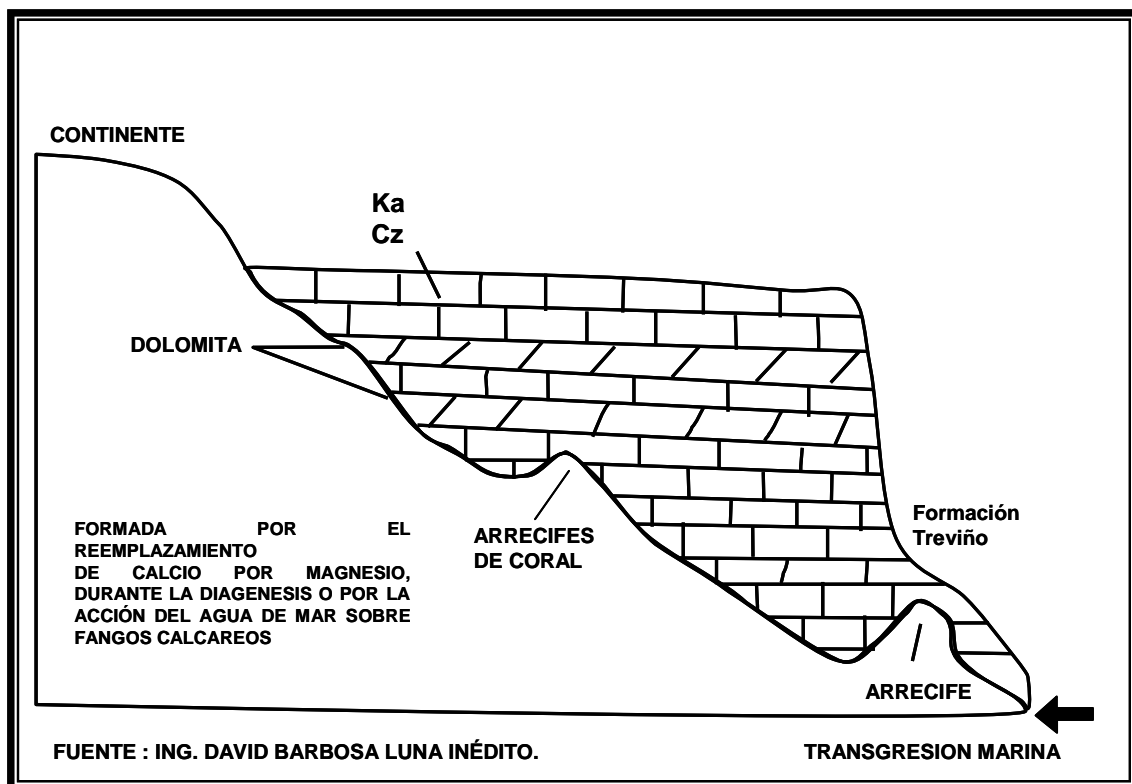


Figura 42. Modelo de yacimientos de dolomita.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este trabajo, permiten establecer las siguientes conclusiones, que se dividen en geológicas y mineras:

El área de estudio se encuentra ubicada en el límite sureste del bloque o isla de Coahuila.

Dentro de la zona las edades de las rocas existentes varían del Cretácico Inferior al Cuaternario (Holoceno).

La secuencia más antigua corresponde a las areniscas (Kn-Kap? Ar) de la Formación San Marcos.

Se describieron 7 unidades sedimentarias que incluyen a las formaciones San Marcos, Acatita, Treviño, Indidura, Parras, Grupo Difunta y Conglomerado Sabinas.

El Cuaternario está representado por derrames volcánicos de basalto, andesita y riolíticos, e intrusivos de composición granodiorítica a diorita y pórfidos de andesita estableciendo una discordancia angular con las rocas del Mesozoico.

Los cuerpos intrusivos de la zona no han sido datados pero se consideran de edad Eoceno, por su relación con otros intrusivos de la región datados por Chávez Cabello (2005).

El magmatismo es de edad Oligoceno y quizás Mioceno Inferior. Está representado por el emplazamiento de rocas alcalinas (riolita, pórfido andesítico) y peralcalinas.

El área estudiada se ubica en el terreno estratotectónico de Coahuila.

Desde el punto de vista tectónico, la deformación es casi nula, debido a que la sedimentación ocurrió en el borde de un paleoelemento, la isla o bloque de Coahuila, tectónicamente estable.

En la culminación de la orogenia Apalachiana de edad Paleozoico tardío; se definen una serie de elementos positivos y negativos que dan lugar al arreglo paleogeográfico configurado a través de todo el Mesozoico. Uno de ellos, el bloque o isla de Coahuila y el otro la cuenca de Parras.

En el Terciario se desarrolla una fase netamente distensiva. Asociado con este periodo de inestabilidad tiene lugar una extensa actividad volcánica alcalina que se extiende a varios cinturones volcánicos en Coahuila y Tamaulipas.

En cuanto a minerales metálicos existe la manifestación de mineral El Cedral y las minas Beatriz y Ampliación Santa Fe, con valores de Au y Ag.

Existe una zona en la cañada de Cielo Azul, la cual se asemeja a los yacimientos sedimentarios de Cu de la región asociados a la Formación San Marcos y que son parte del cinturón cuprífero mexicano.

Los yacimientos de minerales no metálicos son depósitos de fluorita, celestita, barita y dolomía que ocurren a lo largo de los bordes de la sierra.

Las formaciones Acatita y Treviño destacan por encontrarse estrechamente relacionada con la mineralización ya que constituyen la roca encajonante en todos los depósitos de la zona.

Se definieron tres formas de ocurrencia de los yacimientos: la primera en el contacto de las formaciones Treviño e Indidura; constituye vetas y mantos de fluorita. La segunda son mantos de celestita asociados a la caliza-yeso de la Formación Acatita, y la tercera en forma en cuerpos estratiformes de dolomía en la Formación Treviño.

El origen de la mineralización está relacionado con los procesos generadores de depósitos tipo Mississippi Valley.

En los depósitos MVT la distribución de las facies sedimentarias carbonatadas sugiere un control importante para la concentración de ellos, además de los controles estructurales, geoquímicos y las diferentes combinaciones entre ellos.

Es recomendable hacer estudios más detallados de inclusiones fluidas y halógenos para confirmar si los yacimientos tienen relación con los MTV y así evaluar y cuantificar las condiciones de P y T, y composición de los fluidos mineralizantes.

BIBLIOGRAFIA

- Aldama Rodríguez, A., et. al., 2004. Estudio geohidrológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Coah. SEMARNAT, IMTA COMISION NACIONAL DEL AGUA, Inédito.
- Anderson, G.M., 1973. The hydrothermal transport and deposition of galena and sphalerite near 100°C. *Economic Geology*, v. 68, pp. 480-492.
- Anderson, G.M., 1975. Precipitation of Mississippi Valley-type ores. *Economic Geology*, n. 70, pp. 937-942.
- Anderson, G.M., 1983. Some geochemical aspects of sulfide precipitation in carbonate rocks. In: Kisvarsanyi, G., Grant, S.K., Pratt, W.P., Koenig, J.W. (eds.): *International Conference on MVT lead-zinc deposits*. University of Missouri-Rolla, pp: 61-76.
- Anderson, J.M., Macqueen, R.W., 1988. Mississippi Valley-Type Lead Zinc deposits; en: Roberts, R.G., Sheahan, P.A. (eds.): *Ore Deposits Models*. Geosc. Can. Reprint Series 3: 79-90.
- Anderson, H. T., Schmidt A. V., 1983. The Evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea Region During Mesozoic Time. *Geo. Soc. of Am. Bull.* Vo. 94, pp. 941-966.
- Aranda-Gómez .J. J., Housh, T.B., Luhr, J.F., Henry, C. D., Becker, T., and Chávez-Cabello, G., 2005. Reactivation of the San Marcos fault during mid- to late- Tertiary extention, Chihuahua: México, *Geological Society of America Special Paper*, V. 393, p 509-521.
- Arias Gutiérrez, M. A., 1996. Informe de la visita de Reconocimiento Realizada al Lote Minero "Ampliación Santa Fe" Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Consejo de Recursos minerales Gerencia de Asistencia a la Minería Oficina Regional Coahuila.
- Arvizu Gutierrez I., 2006. Paleomagnetismo de rocas jurásicas y cretácicas del Valle de San Marcos, Coahuila, México. Tesis para obtener el grado de maestro. Geociencias, UNAM, Inédito.
- Atwater, T., 1970. Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, v. 81 pp. 3513-3536.
- Barnes, H.L., 1983. Ore deposition in Mississippi Valley deposits. In: Kisvarsanyi, G., Grant, S.K., Pratt, W.P., Koenig, J.W. (eds.): *International Conference on MVT lead-zinc deposits*. University of Missouri-Rolla, pp: 77-85.
- Barton, P.B. Jr., 1967. Possible role of organic matter in the precipitation of the Mississippi Valley ores. *Economic Geology Mon.*, 3, pp. 371-378.

- Bastin, E.S., 1939. Contributions to a knowledge of the lead and zinc deposits of the Mississippi Valley region. *Geology Society American, Special Paper 24*, pp. 156.
- Beales, F.W., Jackson, S.A., 1966. Precipitation of lead-zinc ores in carbonate reservoirs as illustrated by Pine Point ore field, Canada. *Inst. Min. Met. Trans., Sect. B*, 75, pp. 278-285.
- Bethke, C.M., Marshak, S., 1990. Brine migrations across North America-the plate tectonics of groundwater. *Annual Review of earth and Planetary Science*, 18, pp. 28-315.
- Brooks, A., 1996. Guía de Excursión Geológica del Cinturón Cuprífero Guardia para el Consejo de Recurso Minerales. Oficina Regional de Coahuila. (Inédito).
- Campa, M. F., Coney, P. J., 1983. Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 1040-1051.
- Castillo Nieto, F., Ortiz Hernández, L.E., 1997. Segunda Etapa de Estudio Metalogenético de los yacimientos Estratiformes de Estroncio Ubicado en los Estados de Coahuila, Chihuahua y Durango. Consejo de Recursos minerales Gerencia Subdirección de Investigación Tecnológica Gerencia de Investigación Aplicada.
- Charleston, S.A., 1973. Stratigraphy, Tectonics and Hydrocarbon Potencial of the Coger Cretaceous, Coahuila series, Coahuila, México. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy (Geology) in the University of Michigan, 268 p.
- Chávez-Cabello, G., 2005. Deformación y Magmatismo Cenozoicos en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México: Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro de Geociencias, (inédita).
- Chávez-Cabello, G., Aranda-Gómez, J. J., Molina-Garza, R. S., Cossío-Torres, T., Arvizu-Gutierrez, I. R., González-Naranjo, G. A., 2005. La falla San Marcos: una estructura jurásica de basamento multirreactivada del noreste de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo LVII, Volumen Conmemorativo del Centenario, n. 1 y 2, pp. 27-52.
- Clark, K. F., Foster, C. T., Damon, P. E., 1982. Cenozoic mineral deposits and subduction related magmatic arcs in Mexico. *Geological Society of American Bulletin*, v. 93, p. 533-544.
- Coney P. J., 1981. Accretionary Tectonics in Western North America. *Arizona Geological Society Digest*. Vol. XIV, pp. 23-38.
- Conklin, J., and Moore, C.M., 1977. Environmental analysis of the Lower Cretaceous Cupido Formation, northeast México, in Bebout, D.G., and Loucks, R.G. eds., *Cretaceous carbonates of Texas and México: University of Texas Bureau of Economic Geology Report of Investigations no. 89*, p. 302-323.
- Consejo de Recursos Minerales, 1993. Monografía Geológico Minera del Estado de Coahuila; Consejo de Recursos Minerales, México.
- Dirección General de Minas 2006. Perfil de mercado de la dolomita. Dirección General de Promoción Minera. México

- Eguiluz de Antuñano, S., 2001. La Formación Carbonera y sus implicaciones tectónicas, estados de Coahuila y Nuevo León. PEMEX, Exploración zona NE.
- Flawn P. J., and Maxwell R. A., 1958. Metamorphic Rocks in the Sierra del Carmen, Coahuila. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 42, pp. 2245-2249.
- Flawn, P. T., 1961. The Ouachita Structural Belt in México. Bureau of Economic Geology, University of Texas.
- García, G. R., 1973. Modelo sedimentario del Albiano-Cenomaniano a la porción sureste de la Plataforma de Coahuila (prospecto Parras, Edo. de Coahuila), Bol. AMGP, vol. XXV, 3 figs., 1 tabla, p. 311-339.
- Garven, G., Raffensperger, J.P., 1997. Hydrogeology and geochemistry of ore genesis in sedimentary basins: In Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 3rd ed. H. L. Barnes (Ed) Wiley, New York, p. 797-875.
- Garza, G. R., 1973. Modelo sedimentario del Albiano-Cenomaniano en la porción sureste de la Plataforma de Coahuila (Prospecto Parras, Edo. de Coahuila), Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 25 (7-9), 311-339.
- Goldhammer R. K., 1999. Mesozoic Sequence Stratigraphy and Paleogeographic Evolution of Northeast Mexico. Geological Society of America, Special Paper, V.340, pp. 1-58.
- González-Partida, E., Carrillo-Chávez, A., Grimmer, J. O. W. Pironon, J., 2002. Petroleum-Rich Fluid Inclusions in Fluorite, Purísima Mine, Coahuila, Mexico. International Geology Review, v. 44, p. 755-764.
- González-Partida, E., Carrillo-Chávez, A., Grimmer, J. O. W., Pironon, J., Mutterer, J. Levresse, G., 2003. Fluorite deposits at Encantada-Buenavista, Mexico: products of Mississippi Valley Type processes. Ore Geology Reviews, v. 23, p. 107-124.
- González Sánchez, F., Puente Solís, R., González Partida, E., Camprubí, A., 2007. Estratigrafía del Noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, Núm. 1, p. 43-62.
- González Sánchez, Francisco, 2009. Caracterización y génesis de los yacimientos minerales estratoligados de celestita, barita, fluorita y plomo-zinc del noreste de México. Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro de Geociencias, (inérita).
- Helgeson, H.C., 1970. A chemical and thermodynamic model of ore deposition in hydrothermal systems. In: Min. Soc. Amer. Spec. Paper. Fiftieth Anniv. Symposium, ed. Morgan, B.A., v. 3, pp. 155-186.
- Humphrey W. E., 1956. Tectonic Framework of Northeast Mexico. Gulf Coast Association of Geological Societies, Trans., Vol. 6 pp. 25-30.
- Humphrey, W. E. and Díaz, G. T. 1956. " Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of Northeast México". Informe Geológico NE - M - 799. PEMEX, informe inédito.
- I.N. E. G. I. 2003. Cartas Geológicas y Topográficas de la Carta Monterrey G14-7.

- Imlay W. R. 1936. Geology of the western part of the Sierra de Parras, Coahuila, México. Bulletin of the Geological Society of América Vol. 47, p.p. 1091 – 1152.
- Imlay, R. W., 1940. Neocomian Faunas of Northern México. Geol. Soc. America Bull., Vol. 51, pp.117-190, 21 pls., 7 figs.
- Jackson, S. A., Beales, F.W., 1967. An aspect of sedimentary basin evolution: the concentration of Mississippi Valley-Type ores durin late stages of diagenesis. Bulletin Canadian Petroleum Geology, v. 15, 4, pp. 383-433.
- Jenchen, U., Hernández Flores., E. R., Eguluz de Antuñano, S., y Alvarado Molina, J., 2004. Procedencia de Sedimentos Clásticos del Kimmeridgiano-Neocomiano, Sierra Madre Oriental, NE de México. Geos, Vol. 24, No. 2.
- Kelly W. A., 1936. Geology of the mountains bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias: Geological Society of America Bulletin, 47, 1019-1047.
- Kesler, S. E. y Jones L. M., 1981. Sulfur and strontium-isotopic geochemistry of celestite, barita and gypsum from the Mesozoic basins of North Eastern Mexico. Chemical Geology, 31, 211-224.
- Laurence Baker, C., 1971. Geologic Reconnaissance in the Eastern Cordillera of Mexico. The Geological Society of America books, 1ª ed, Boulder, Colorado, USA, p. 83.
- Lehamnn, C., Oslegerz, D., and Montañez, I., 1998. Controls on Cyclostratography of Lower Cretaceous Carbonates and Evaporites, Cupido and Coahuila Plataforms, Northeastern Mexico. Journal of Sedimentary Research, Vol. 68, No. 6, p. 1109–1130.
- Lehmann, C., Osleger, D., Montañez, I., Sliter, W., Vanneau, A., Jay Banner, A., 1999. Evolution of Cupido and Coahuila carbonate platforms, Early Cretaceous, northeastern Mexico. SEPM (Society for Sedimentary Geology) 1073-130X/98/068-1109.
- Macqueen, R.W., Powell, T.G., 1984. Organic geochemistry of the Pine Point lead-zinc ore field and region. Northwest Territories, Canada. Economic Geology, n. 78, pp: 1-25.
- McBride, E. F., A. E. Weidie, J. A., Wolleben, R. C. Laudon, 1974. Stratigraphy and structure of the Parras and La Popa Basins, Northeast Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., v.84, p 1603-1622.
- Murray, G.E., A. E. Weidie, Jr., D.R. Boyd, R. H. Forde, and P.D. Lewis, Jr. 1962. Formational divisions of Difunta Group, Parras Basin, Coahuila and Nuevo León, Mexico. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.46, no.3, p. 374-383.
- Noble, E. A., 1963. Water of compactation as an ore-forming fluid. Wyoming Contr. Anth. v. 28, 3, pp. 111-113.
- Ohle, E. L., 1959. Some considerations in determining the origin of ore deposits of Mississippi Valley-type, Part I: Economic Geology, v. 54, pp. 769-789.
- Ohle, E. L., 1980. Some considerations in deterning the origin of ore deposits of Mississippi Valley-type, Part II: Economic Geology, v. 75, pp. 161-172.

Oivanki, S., 1974. Paleodepositional Environments in the Upper Jurassic Zuloaga Formation (Smackover), Northeastern Mexico Transactions-gulf Coast. Association of Geological Societies, volumen XXIV.

Ortiz Hernández, L. E., Castillo Nieto, 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 Subdirección de Investigación Tecnológica Gerencia de Investigación Aplicada.

Padilla y Sánchez, R. S., 2007. Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, Núm. 1, 2007, P. 19-42.

PEMEX, 1988. Estratigrafía de la República Mexicana: Mesozoico, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación Ejecutiva de Exploración, pp. 229.

Pindell J. L., Dewey J. F., 1982. Permo-Triassic Reconstruction of Western Pangea and the Evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean Region. Tectonics Vol.1, pp.179-212.

Pindell, J. L., 1985. Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas and proto-Caribbean: Tectonics, v. 4, p.-1-39.

Puente-Solís, R., González-Partida, E., Tritlla, J., Levresse, G., 2005. Distribución de los depósitos estratoligados de Barita, Celestita, Fluorita y Pb-Zn en el noreste de México. Convención Internacional de la Asociación Nacional de ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memorias No. XXVI, p. 95-98.

Puente Solís, Iván R., 2007. Distribución de los depósitos estratoligados de barita, celestita, fluorita y plomo-zinc en el noreste de México y ejemplo de los mantos de celestita en la Sierra del Venado, Coahuila. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro de Geociencias, (inédita).

Quintero-Legorreta, O., Aranda-García, M., 1985. Relaciones estructurales entre el anticlinorio de Parras y el anticlinorio de Arteaga (Sierra Madre Oriental), en la región de Agua Nueva, Coahuila. Univ. Nal. Auton. México, Inst. Geología.

Ramos Rosique, Aldo, 2004. Comportamiento de los fluidos en la génesis de los mantos de celestita en la Sierra de Los Alamitos Coahuila. Tesis de licenciatura, UNAM, Facultad de Ingeniería, México.

Rivera Martínez, J. C., 1986. Informe de la Exploración Geológico-Minera Realizada en la Reserva Minera Nacional Ramos Arizpe Mpio. Ramos Arizpe, Coahuila. Consejo de Recursos Minerales Gerencia Noreste.

Rivera Martínez, J. C., Osorio Rodríguez, E., García Hoyos, G., 1987. Informe de la revista de Reconocimiento efectuada, al Lote Minero ampliación Cielo Azul, Municipio de Ramos Arizpe, Coah. Consejo de Recursos Minerales. Gerencia Regional Zona Noreste. Residencia Coahuila.

Rivera Martínez, J. C., 1993. La mineralización de cobre en la región de Cuatrociénegas, Coah., y su posible relación con un depósito singenético. Consejo de Recursos Minerales. Gerencia Regional Zona Noreste. Residencia Coahuila.

- Rivera-Martínez, J. C., 2007. Los yacimientos de celestita en México: Servicio Geológico Mexicano, Subgerencia Regional Zona Noreste, Residencia Coahuila, Reporte interno, p. 21, (inédito).
- Robeck R. et al, 1956. Geología y depósitos de carbón de la Región de Sabinas, Estado de Coahuila. XX Congreso Geológico Internacional. Estudio hecho en colaboración con el United States Geological Survey. 109 p. México.
- Salvador, A., 1987. Late triassic-jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico Basin. AAPG Bull. V. 71, no. 4, pp. 419-451.
- Sangster, D.F., 1990. Mississippi Valley-type and sedex lead-zinc deposits: a comparative examination: Trans. Inst. Min. Metall. (Sect B), pp. 21-42.
- Santamaría, O. D., Ortuño A. F., Adatte T., Ortíz, U. A., Riba R. A., Franco, N.S., 1991. Evolución geodinámica de la Cuenca de Sabinas y sus implicaciones petroleras del Estado de Coahuila, Tomo I CAO-3508, Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración, Gerencia de Investigación Aplicada a la Exploración. 209 p.
- Santiago Carrasco, B., Martínez Ramos, C.J., Sánchez Bermeo, G., Chiapa García, R., Palacios García, R., 2000. Carta Geológico-Minera Monterrey, G14-7 Escala 1:250,000 Estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Consejo de Recursos Minerales Gerencia de Exploración Geológica Oficina Regional Saltillo
- SGM, 1997. Texto explicativo de la carta geológico-minera Monclova, G14-4 escala 1:250,000 estados de Coahuila y Nuevo León, inédito.
- SGM, 2007. Carta Magnética de Campo Total ESC. 1: 50,000, cartas Las Coloradas y Sierra La Paila.
- Sharp, J. M., 1978. Energy and momentum transport model of the Ouachita basin and its possible impact on formation of economic mineral deposits. Economic Geology, v. 73, pp. 1057-1068.
- Snyder, F. G., 1968. Geology and mineral deposits, midcontinent United States. In Ore Deposits of the United States 1933-1967, ed. J. D. Ridge, 1, pp. 257-286. New York: American Institute Mining Metall. Petroleum Engineers, p. 1880.
- Suter, M., 1987. Structural traverse across the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico Geology Society of America Bulletin, v. 98, p 249-264.
- Sverjensky, D. A., 1981. The origin of a Mississippi Valley-Type deposit in the Viburnum Trend, Southeast Missouri. Economic Geology, v. 79, pp. 23-37.
- Sverjensky, D. A., 1984. Oil field brines as ore-forming solutions. Economic Geology, 79, pp. 23-37.
- Sverjensky, D. A., 1986. Genesis of Mississippi Valley-Type lead-zinc deposits. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 14: 177-199.
- Sverjensky, D. A., 1989. The diverse origins of Mississippi Valley-type Zn-Pb-Ba-F deposits: Chron. Rech. Min., No. 495, pp. 5-13.

Tardy M, Sigal y Glacon 1974. Bosquejo sobre la Estratigrafía y Paleogeografía de los Flischs Cretácicos del Sector Transversal de Parras, Sierra Madre Oriental México, Revista Instituto de Geología U:N:A:M: Serie Divulgación N 2.

Tardy M. 1973. Sobre la Tectónica de la Sierra Madre Oriental en el Sector de Parras, Coahuila: El Cabalgamiento de la Serie Parrense. Sociedad Geológica Mexicana Boletín 34 1 y 2

Tardy M., y Maury, R., 1973. Sobre la Presencia de Elementos de Origen Volcánico en las Areniscas de los Flysch de Edad Cretácica Superior de los Estados de Coahuila y de Zacatecas, México. Boletín de la Soc. Geol. Mex. Bol. 34, 1 y 2. pp. 5-12.

Tardy, M., Sigal, J., G. Glacon, G., 1974. Bosquejo sobre la estratigrafía y la peleogeografía de los flysch cretácicos del sector transversal de Parras, Sierra Madre Oriental, México. Rev. Inst. Geol. UNAM Vol. 1 No. 2.

Tardy, M., 1973. Sobre la Tectónica de la Sierra Madre Oriental en el sector de Parras, Coahuila: El Cabalgamiento de la serie parrense. Soc. Geol. Mexicana Bol. 34 1 y 2.

Tritlla, J., Canals, A., 1997. Mineralizaciones estratoligadas de metales base en carbonatos y rocas siliciclásticas; en J. C. Melgarejo (ed.): Atlas para el estudio de las asociaciones minerales en lámina delgada; p. 272-286. Ediciones de la Universitat de Barcelona, ISBN: 84-98824-1 Alt, J. C.

Tritlla, J. González-Partida, E., Levresse, G., Banks, D., Pironon, J., 2004. Fluorite deposits at Encantada-Buenavista, México: products of Mississippi Valley type processes: Ore Geology Review, n. 23, p.p. 107-1024. A reply. Ore Geology Reviews n. 25, p.p. 329-332

Tritlla, J., Levresse, G., González-Partida, E., Corona-Esquivel, R., y Martínez Ramos, C., 2005. Metalogenia y geoquímica de los fluidos asociados a los depósitos de tipo MVT (Mississippi Valley-Type Deposit) en el centro y norte de México. Convención Internacional de la Asociación Nacional de ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memorias No. XXVI, p. 113-118.

Tritlla, J., González-Partida, E., Levresse, G. y Corona-Esquivel, R., 2006. Depósitos de Pb-Zn-Ba-F-(Cu-Sr) epigenéticos estratoligados en series sedimentarias en relación con salmueras de cuenca: depósitos del tipo "Mississippi Valley" (MVT) y similares: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVIII, núm. 1, p 103-139.

Universidad Autónoma de Nuevo León, 2007. Ciencia Fic. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica, Facultad de Ingeniería Civil. No 1 Cuatrimestral.

Villarreal Fuentes, Janet, 2007. Depósitos de celestina en la zona de los Alamitos, Estado de Coahuila: un ejemplo de mineralización del tipo MTV. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro de Geociencias, inédita.

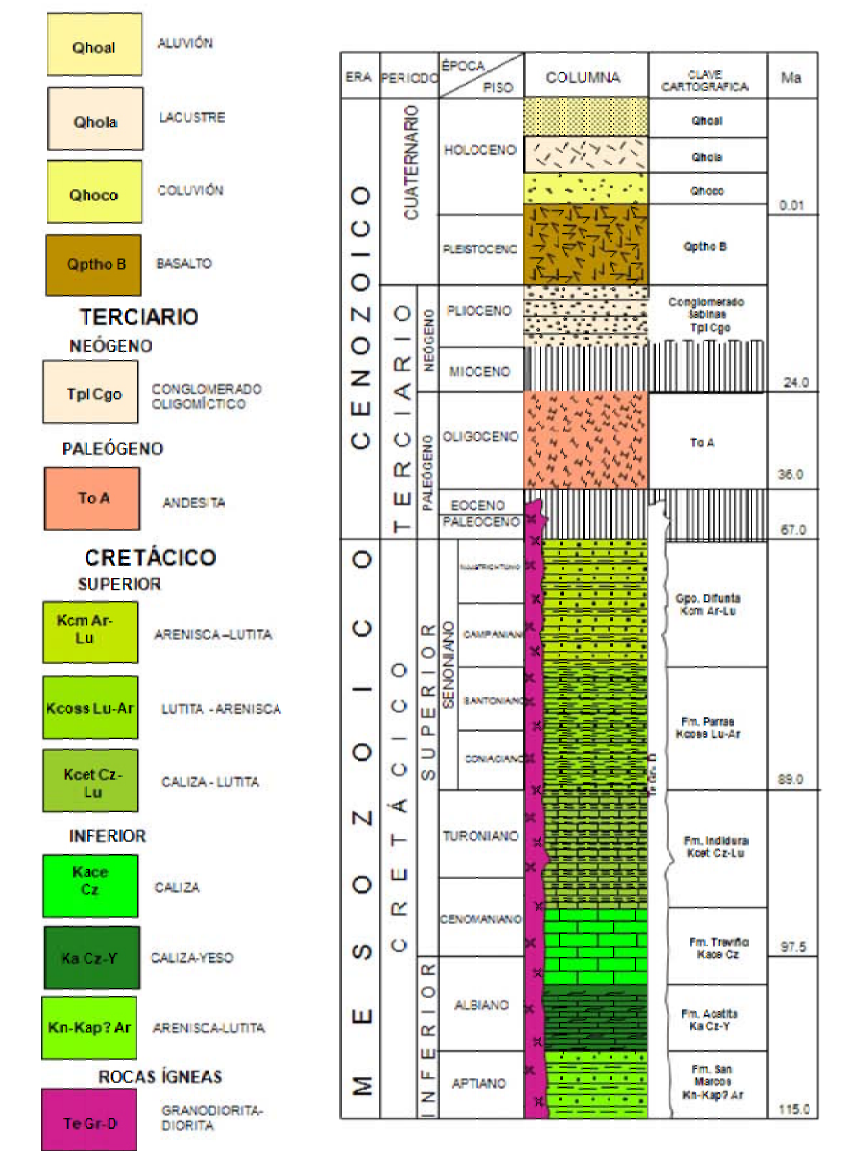
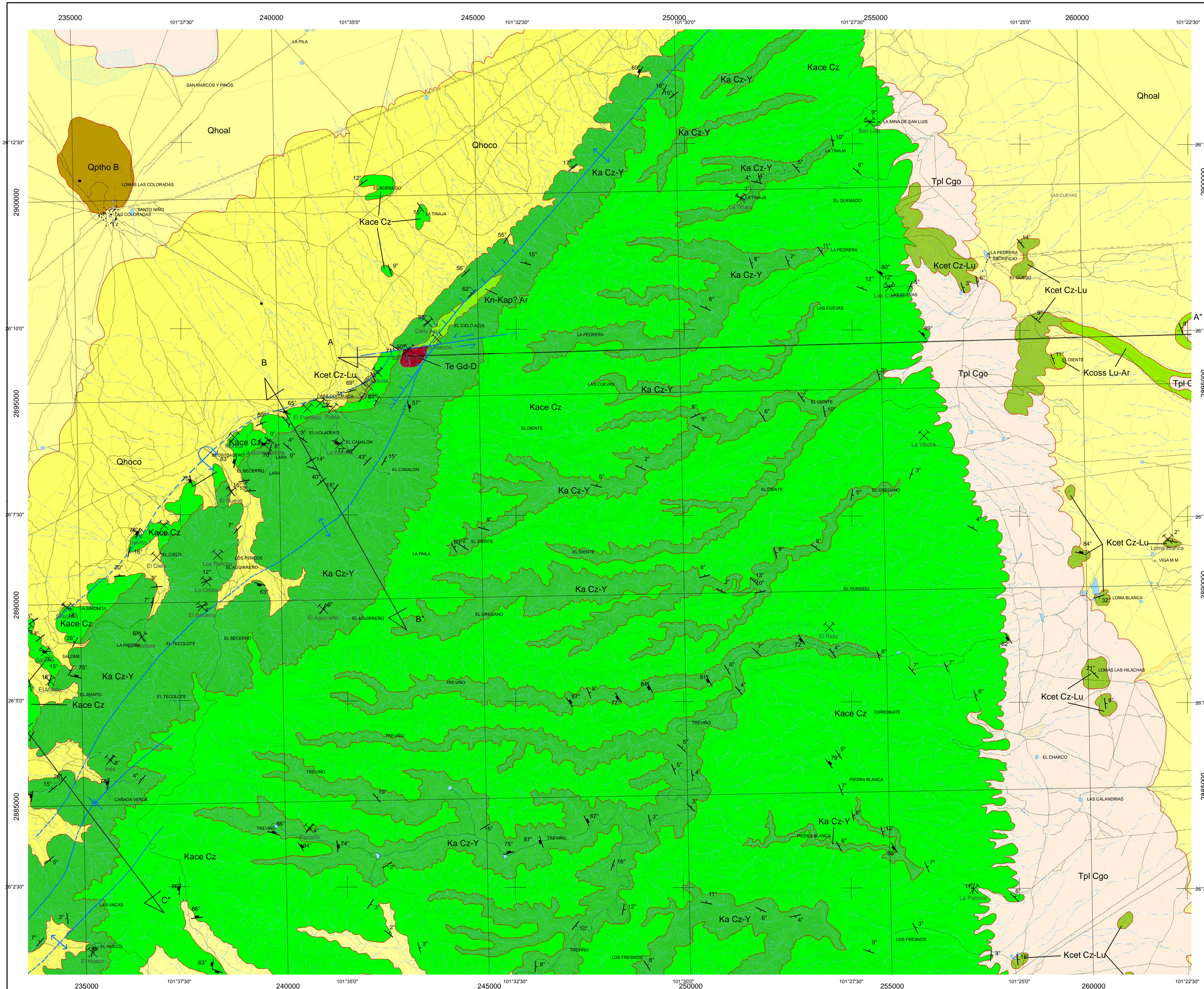
Villarreal Fuentes, J., Levresse, G., Tritlla, J., González-Partida, E., Solorio-Munguía, J., Baca S., and Rodríguez Santos A., 2005. El depósito de fluorita de El Pilote como una clave para entender el origen y la movilización del flúor en el noreste de México. Convención Internacional de la Asociación Nacional de ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memorias No. XXVI, p. 131-134.

Wardlaw B., Furnish W. N., Nestell, M. K., 1979. Geology and Paleontology of the Permian Beds Near Las Delicias, Coahuila, Mexico. Geological Society of America Bull., vol. 90, pp. 11-116.

ANEXO 1

MAPA GEOLÓGICO Y SECCIONES GEOLÓGICAS

ASIGNACION MINERA "LAS COLORADAS"



SIMBOLOGIA

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

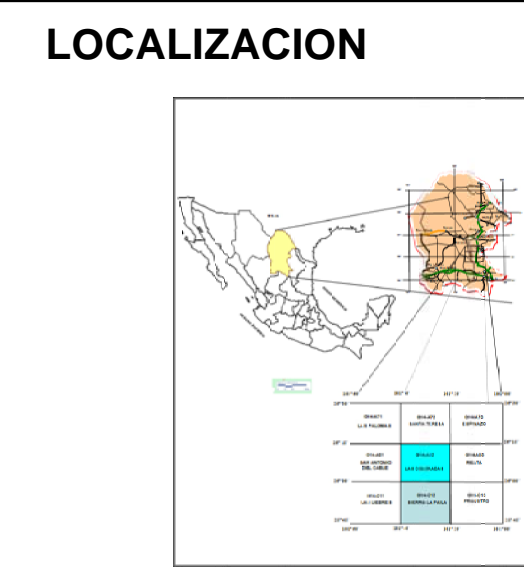
- CONTACTO GEOLOGICO
- FRACTURA
- FALLA NORMAL
- FALLA NORMAL INFERIDA
- MINA

DATOS ESTRUCTURALES

- DIQUE
- FALLA
- FRACTURA
- FLUJO
- ESTRATIFICACION
- PLEGUE RECOSTADO

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- CARRETERA
- TERRACERIA
- BRECHA
- VEREDA
- PUENTE
- LINDERO
- LC
- ARROYO
- CONSTRUCCION
- CEMENTERIO
- CURVA DE NIVEL



FUENTES CARTOGRAFICAS

FUENTES LEGALES
 GEOIDE: ITRFS 92
 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
 ZONA 14
 DATUM HORIZONTAL CILINDRICA
 UNIDAD DEL MAPA METROS
 ESCALA GRAFICA 1:50,000
 INCLUYE RECOPIACION DEL TRABAJO DE CAMPO

Identificación de Producto (Planos y Niveles)

Logo of the Servicio Geológico Mexicano (SGM) on the left and right. In the center, it says "Producto". On the right, it says "Fecha: 25-May-2010".

Plano geológico - estructural Las Coloradas Modificado del Servicio Geológico Mexicano (2008)	
Nombre Edith Fuentes Guzmán	Escala 1:50,000

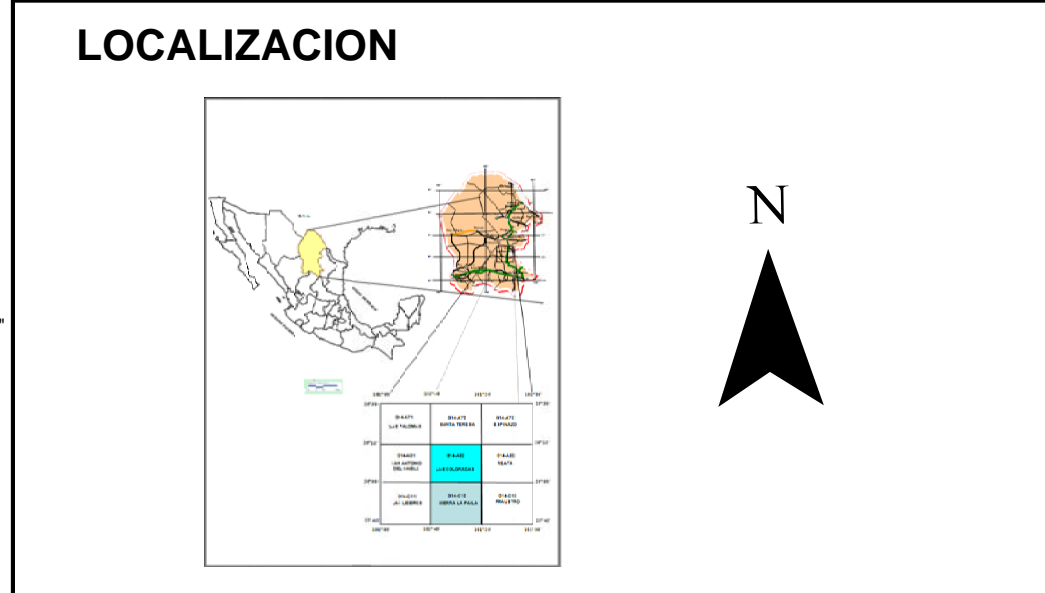
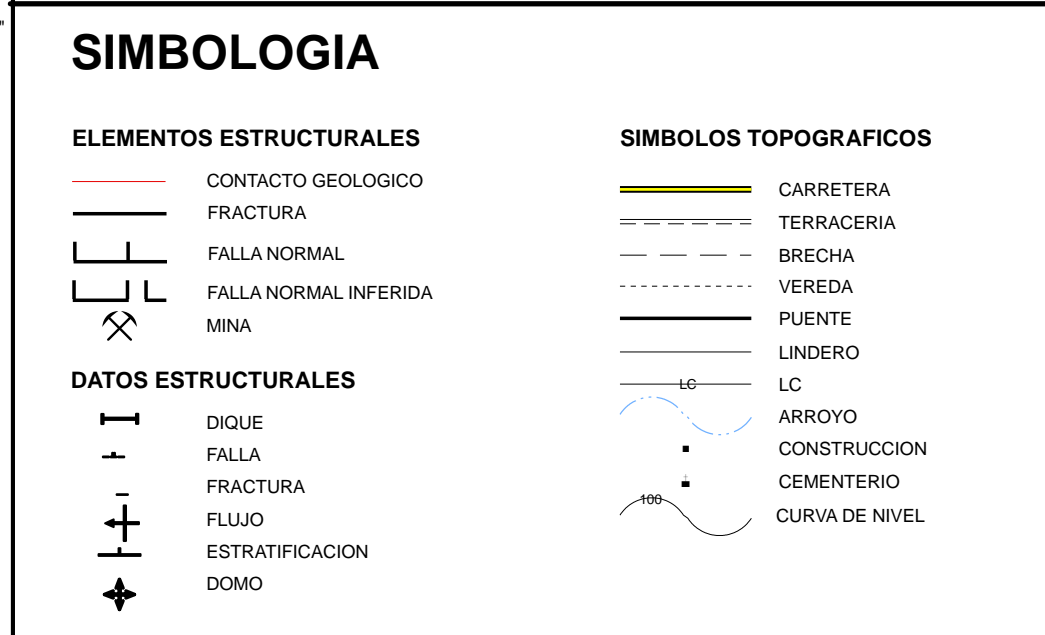
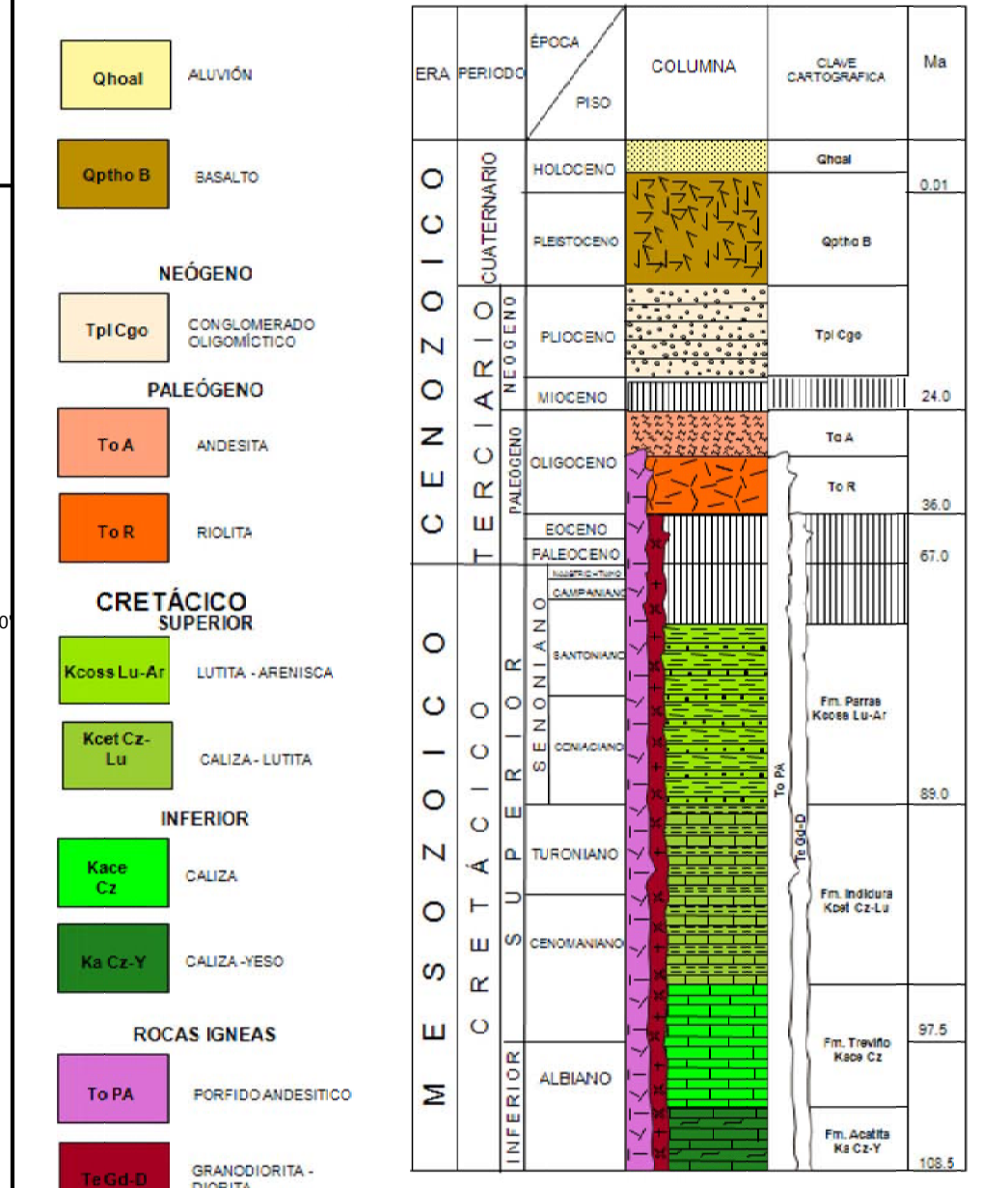
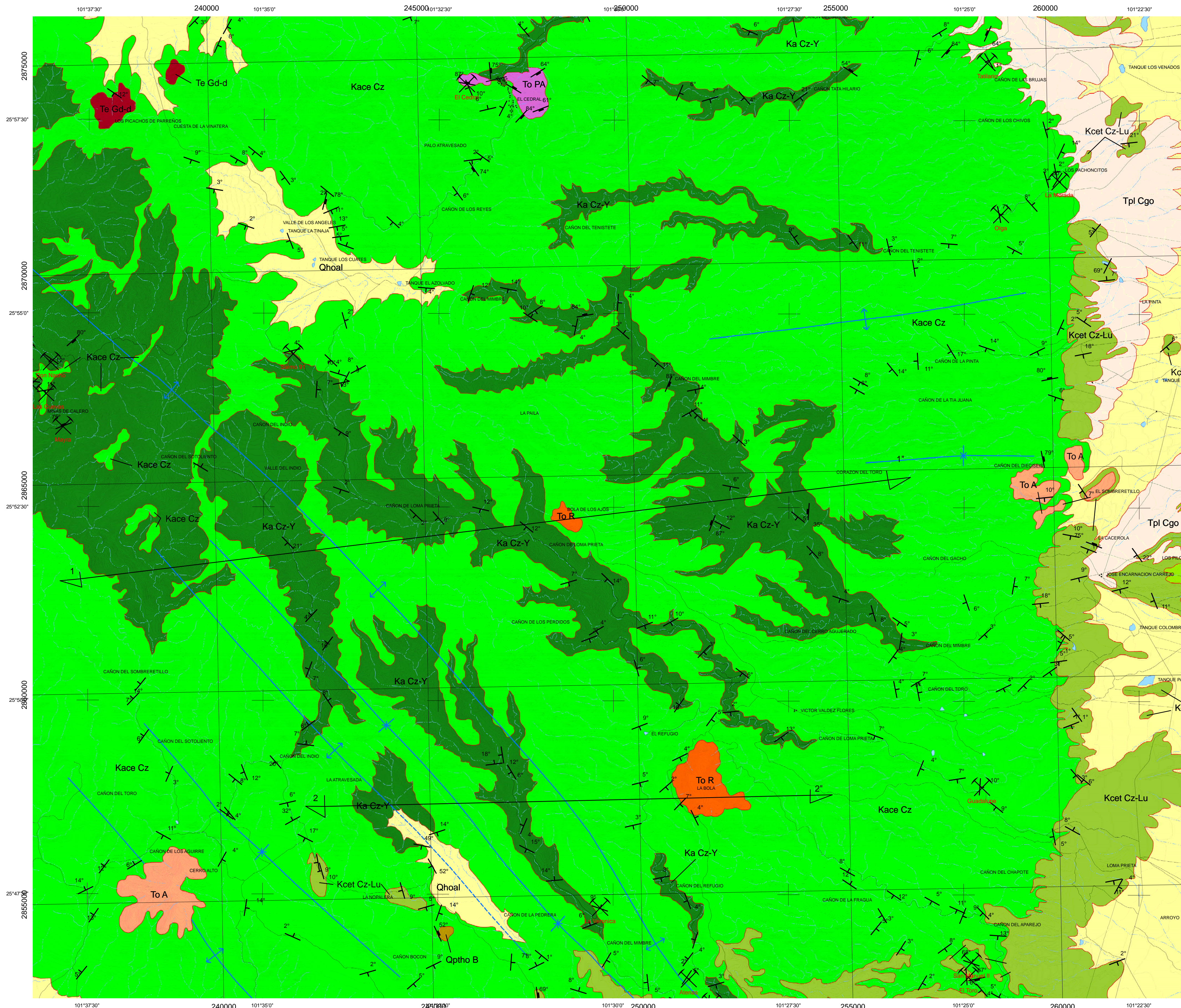
CARTA LAS COLORADAS

ANEXO 2

MAPA GEOLÓGICO Y SECCIONES GEOLÓGICAS CARTA SIERRA LA PAILA

ASIGNACION MINERA "LA PAILA"

PLANO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL



FUENTES CARTOGRAFICAS

FUENTES LEGALES
 GEOIDE: ITRF92
 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
 ZONA 14
 DATUM HORIZONTAL CILINDRICA
 UNIDAD DEL MAPA METROS
 ESCALA GRAFICA 1:50,000
 INCLUYE RECOMPILACION DEL TRABAJO DE CAMPO

Identificación de Producto (Planos y Niveles)	
	Fecha: 25-May-2010
Producto	
Plano geológico - estructural Sierra La Paila Modificado del Servicio Geológico Mexicano (2008)	
Nombre Edith Fuentes Guzmán	Escala 1:50,000

