



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Actividades desarrolladas en la práctica profesional (DGM – SGM). Relación entre conocimientos y la capacidad de su aplicación en el ámbito laboral como Ingeniero Geólogo

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

José De León España

DIRECTOR DE TESINA

Ing. Marco Antonio Rubio Ramos



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



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.

CONTENIDO

Agradecimientos

1. Introducción 7

- 1.1. Resumen.
- 1.2. Abstract.
- 1.3. Objetivo General.
- 1.4. Objetivos Particulares.

2. Antecedentes (contexto de la Participación Profesional) 14

- 2.1. Misión del Servicio Geológico Mexicano (SGM).
- 2.2. Semblanza de *la razón de ser* del SGM.
- 2.3. Descripción de las funciones realizadas por el Servicio Geológico Mexicano.
- 2.4. Contexto Profesional dentro del Servicio Geológico Mexicano.
- 2.5. Localización del área para exploración y sus vías de acceso.

3. Metodología utilizada 23

- 3.1. Realización de Cartografía Digital para la Dirección General de Minería.
- 3.2. Revisión de Informes Geológicos sobre las Concesiones Mineras para la Licitación al Concurso de 2016.

- 3.3. Realización de bases de datos de fuentes diversas para el Servicio Geológico Mexicano y para la Dirección General de Minería.
 - 3.3.1. Transmisión y Distribución de Concesiones Mineras.
 - 3.3.2. Relación de Bases Licitadas para el Otorgamiento de Cierres de Venta de los Concursos y el registro de Participantes para los Concursos sobre las Concesiones Mineras expedidas por la Dirección General de Minería.
 - 3.3.3. Lotes Mineros con Evidencias de Hidrocarburos.
 - 3.3.4. Lotes Mineros con afectaciones a Sitios Arqueológicos.
 - 3.3.5. Convocatoria Para Nuevos Concursos de Concesiones Mineras.
- 3.4. Análisis de la Ley Minera y sus aspectos geológicos.
- 3.5. Cursos impartidos dentro del Servicio Geológico Mexicano para fortalecer y actualizar mi perfil profesional como Ingeniero Geólogo.
 - 3.5.1. Curso de Geofacets.
 - 3.5.2. Evolución Geológica del Noroeste de Sonora.
 - 3.5.3. Curso de GeoInfoMex.
 - 3.5.4. Curso de ArcGis dentro de la Cartografía Digital.
 - 3.5.5. Curso de Introducción a la Geotermia.
 - 3.5.6. Curso de la Empresa de Exploración Geofísica MATRIX: *Path to the Exploration*.
 - 3.5.7. Curso sobre Estratigrafía de Secuencias Aplicada a la Industria Petrolera.
 - 3.5.8. Curso sobre la realización de la Carta Geocronológica de México.
Proyecto 4608.
 - 3.5.9. Curso sobre la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos.
 - 3.5.10. Curso de Legislación Minera (Diario Oficial de la Federación).
 - 3.5.11. Curso de Registros Geofísicos.
 - 3.5.12. Curso de Estereofalsillas y su relación con la Geología Estructural Aplicada a la Exploración Minera.
 - 3.5.13. Curso de Yacimientos Minerales en México.
 - 3.5.14. Curso de Aplicaciones de Geocronología e Isótopos Estables en Rocas y Minerales.
 - 3.5.15. Curso de Base de Datos Geocronológicos de México.
- 3.6. Metodologías empleadas en trabajo de campo durante mi participación en el Proyecto de Cartografía Geológica-Minera (periodo: 24-01-17 al 28-02-17).

- 3.6.1. Trabajos Previos.
- 3.6.2. Estratigrafía.
- 3.6.3. Imágenes de Satélite.
- 3.6.4. Tectónica.
- 3.6.5. Geología Estructural.
- 3.6.6. Secciones Geológicas (preliminares).
- 3.6.7. Yacimientos Minerales.

4. Resultados

43

- 4.1. Análisis de la Ley Minera y del Reglamento de la Ley Minera.
 - 4.1.1 Ley Minera.
 - 4.2.2 Reglamento de la Ley Minera.
- 4.2. Descripción de los puntos de control geológico, datos estructurales y afloramientos de las litologías estudiadas y datos del muestreo levantados en campo.
 - 4.2.1. Fm. Zuloaga (Jo Cz).
 - 4.2.2. Fm. La Caja (JkKbe Lu - Lm).
 - 4.2.3. Fm. Taraises (Kbeh Cz - Lu).
 - 4.2.4. Fm. Cupido (Khap Cz).
 - 4.2.5. Fm. La Peña (Kap Cz-Lu).
 - 4.2.6. Fm. Aurora (Kce Cz-Do).
 - 4.2.7. Fm. Cuesta del Cura (KaceCz-Lu).
 - 4.2.8. Fm. Indidura (Kcet Cz-Lu).
 - 4.2.9. Fm. Caracol (Kcoss Ar – Lu).
 - 4.2.10. Muestreo de sedimentos de arroyo activo.
 - 4.2.11. Recapitulación de los datos del mapeo levantado en campo
- 4.3. La incertidumbre entre la Exploración Geológica - Minera y la búsqueda de posibles Yacimientos Minerales en la región.
- 4.4. Columna Estratigráfica propuesta de acuerdo a la zona de estudio.
 - 4.4.1. Descripción de las Formaciones reportadas en campo.

- 4.5. Imágenes Epipolares – Satelitales.
- 4.6. Plano de los Yacimientos Minerales.
- 4.7. Interpretación Estructural del área de la carta La Hediondilla.

5. Conclusiones	95
5.1. Referencias Bibliográficas	102
5.2. Anexos	107
5.2.1. Tabla resumida de las localidades visitadas, y las respectivas actividades desarrolladas en cada uno de las mismas.	
5.2.2. Resumen de la metodología empleada por el SGM dentro de la Cartografía Geológico-Minera de la República Mexicana.	
5.2.3. Perfil de Mercado de la Fosforita.	
5.2.4. Permisos y documentos que respaldan la confidencialidad de este informe.	
5.3. Glosario	127

Agradecimientos

Al SGM por las facilidades brindadas para laborar en su dependencia, y por la capacitación que se me dio, a lo largo de mi estadío en sus instalaciones. Especialmente agradezco a los Ingenieros Raúl Cruz Ríos, Adrián Pérez Gea, Josué Crisanto Herrera y Marcos Torres Ramírez, y a la contadora Albina Millán por su buen trato.

A la Universidad, por ser mi alma máter, por haber sido mi casa durante los últimos cinco años y medio. Por formarme cultural, profesional y deportivamente, haciéndome una mejor persona para nuestra sociedad.

A la Facultad de Ingeniería, por formarme académica y humanamente, habiendo desarrollado en mí los cimientos de mi perfil profesional. Agradezco también, por el apoyo que me brindó durante toda la carrera.

Al Ingeniero Marco Antonio Rubio Ramos, por ser el director de este informe, por ser un destacable profesor en temas de índole minera y por haberme enseñado las cualidades principales de ésta área. Gracias por adjudicarse mi último trabajo como estudiante.

A mi abuela Manuela Jiménez Guevara, que gracias a tus miles de enseñanzas, me conferiste sólidas raíces que gritan con anhelo que nuestro linaje seguirá vivo a través del tiempo. Gracias por haberme hecho el hombre que soy y por las miles de anécdotas que marcaron mi vida. Espero honrar tu memoria.

A mi padre, Manuel De León Jiménez, gracias por apoyarme y creer en mí durante tantos años, por las palabras de aliento que nunca me han dejado caer ni mucho menos claudicar; gracias por todas las enseñanzas que siempre me has brindado. Aún tengo la esperanza de llegar a ser como tú; estoy y seguiré siempre endeudado contigo, pues el legado sanguíneo que compartimos nunca se podrá negar.

A mi madre, María Mercedes España Martínez, por darme la vida. Gracias por el apoyo durante mi carrera.

A mi hermano Jesús De León España por el apoyo que me has dado a lo largo de este trayecto de mi vida. Y por las miles de aventuras que hemos pasado y las mil más que vendrán.

A mis tíos Fernando, Pepe, Sagra, Mary, Lourdes, por su apoyo incondicional durante este caminar.

A mis antepasados jaliscienses, la honra y el orgullo que en mí recae se debe a ustedes, pues son, serán y han sido la fuerza con la que me levanto a continuar en este largo camino. Espero ser digno de llevar en alto el nombre que tanto ha simbolizado para nuestro linaje a través de los tiempos.

A ti Magnolia Margarita Quezada Rivera, por ser el mástil que representa el navío que con tanto esmero he construido. Gracias por formar parte de mí, siempre estás y seguirás en el interior de mi corazón para el resto de mi existencia; es un orgullo permanecer con aquella mujer que cree más en mí, que yo mismo. Te amo.

Gracias a la familia Quezada Rivera por todo el apoyo que han brindado en ésta última etapa de mi carrera

1. Introducción

1.1. Resumen

En el presente informe se describen las actividades profesionales realizadas durante mi Trabajo Profesional en el Centro de Documentación en Ciencias de la Tierra (Cedocit), del Servicio Geológico Mexicano (SGM) en conjunto con la Dirección General de Minería (DGM) dentro del Proyecto de Actualización Informativa SGM-DGM).

Se presentan actividades desarrolladas como la realización de Cartografía Digital para la Dirección General de Minería, la revisión de Informes Geológicos de Concesiones Mineras para licitación a concurso del año 2016, generación de bases de datos de diversas fuentes para el SGM y para la DGM. Desarrollé posteriormente también un análisis de la Ley Minera y del Reglamento de la Ley Minera con respecto a sus aspectos geológicos más destacables.

Además, durante mi estancia se me capacitó para fortalecer y actualizar mi perfil profesional como Ingeniero Geólogo. Esto se logró por medio de la asistencia a una serie de cursos impartidos dentro de las instalaciones del SGM, tales como: *Curso de Geofacets, Evolución Geológica del Noroeste de Sonora, Curso de GeoInfoMex, Curso de ArcGis dentro de la Cartografía Digital: mapas y croquis mineros, Curso de Introducción a la Geotermia, Curso de Base de Datos Geocronológicos de México, Curso de Aplicaciones de Geocronología e Isótopos Pesados en Rocas y Minerales, Curso de Yacimientos Minerales en México, Curso de Estereofalsillas y su relación con la Geología Estructural Aplicada a la Exploración Minera, Curso de Registros Geofísicos, Curso de Legislación Minera (Diario Oficial de la Federación), Curso sobre la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos, Curso sobre la realización de la Carta Geocronológica de México, Curso sobre Estratigrafía de Secuencias Aplicada a la Industria petrolera, Curso de la Empresa de Exploración Geofísica MATRIX Path to the Exploration.*

Se presenta adicionalmente el informe de actividades desarrolladas durante la práctica de campo profesional dentro del área de estudio de la: Carta Geológica La Hediondilla (G14 C54).

En la zona de estudio afloran secuencias sedimentarias del Jurásico superior, Cretácico inferior y Cretácico superior en las Sierras de El Jabalí, Puerto de Jesús María y El Barro.

Las rocas más antiguas expuestas son las correspondientes a las calizas jurásicas de la Formación Zuloaga. Sobreyaciendo a estas se encuentran lutitas y areniscas cretácicas de la Formación La Caja. Sobre éstas descansa una secuencia del Cretácico, compuestas de la base a la cima por las formaciones: Taraises, Cupido, La Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura, Caracol y la Lutita Parras (Fm. Méndez).

Descansando sobre la columna sedimentaria anterior, se puede observar un paquete de depósitos aluviales y lacustres que representan la cima de la columna estratigráfica.

La carta también aloja el frente tectónico de la Sierra Madre Oriental, el cual es un cinturón de pliegues y cabalgaduras con sus respectivos sistemas de fallamiento (cizalla). Existe una serie de bloques tectónicos tipo horst y graben, los cuales funcionaron como mecanismos de control en la sedimentación y relleno de cuencas.

El área de la carta cubre la región de la Curvatura de Monterrey, la cual ha sido descrita como una zona de pliegues anticlinales y sinclinales deformados y elongados. Algunos presentan simetría y otros son asimétricos.

Tanto dentro como fuera del área de la carta se ha reconocido una zona importante que hospeda una gama de depósitos minerales, destacando los yacimientos biogénicos de fosfatos, primordialmente de fosforita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4\text{CO}_3)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$). Estos yacimientos y/o depósitos minerales se encuentran emplazados en la Fm La Caja y han sido explotados con anterioridad, teniéndose un registro en el acervo histórico del SGM.

Durante el período del mes de febrero se realizaron trabajos de documentación preliminares, así como trabajo de campo. Durante la visita a la zona de estudio se determinaron 18 datos estructurales, y se colectaron 22 muestras para estudios posteriores de geoquímica de sedimentos de arroyo activo. Los datos recapitulados pertenecen a la sección nor-noreste de la carta, en un transecto aproximado de 108 Km.

Todos los datos geológicos medidos pertenecen a ambos flancos de un anticlinal recumbente con vergencia al este y un sinclinal recumbente al este (Figura #1), conformando un sistema de fallas que cortan la secuencia serrana.

Palabras clave: Servicio Geológico Mexicano, Ley Minera, Reglamento de la Ley Minera, geocronología, geotermia, bloque tectónico, fosforita, anticlinal, sinclinal.

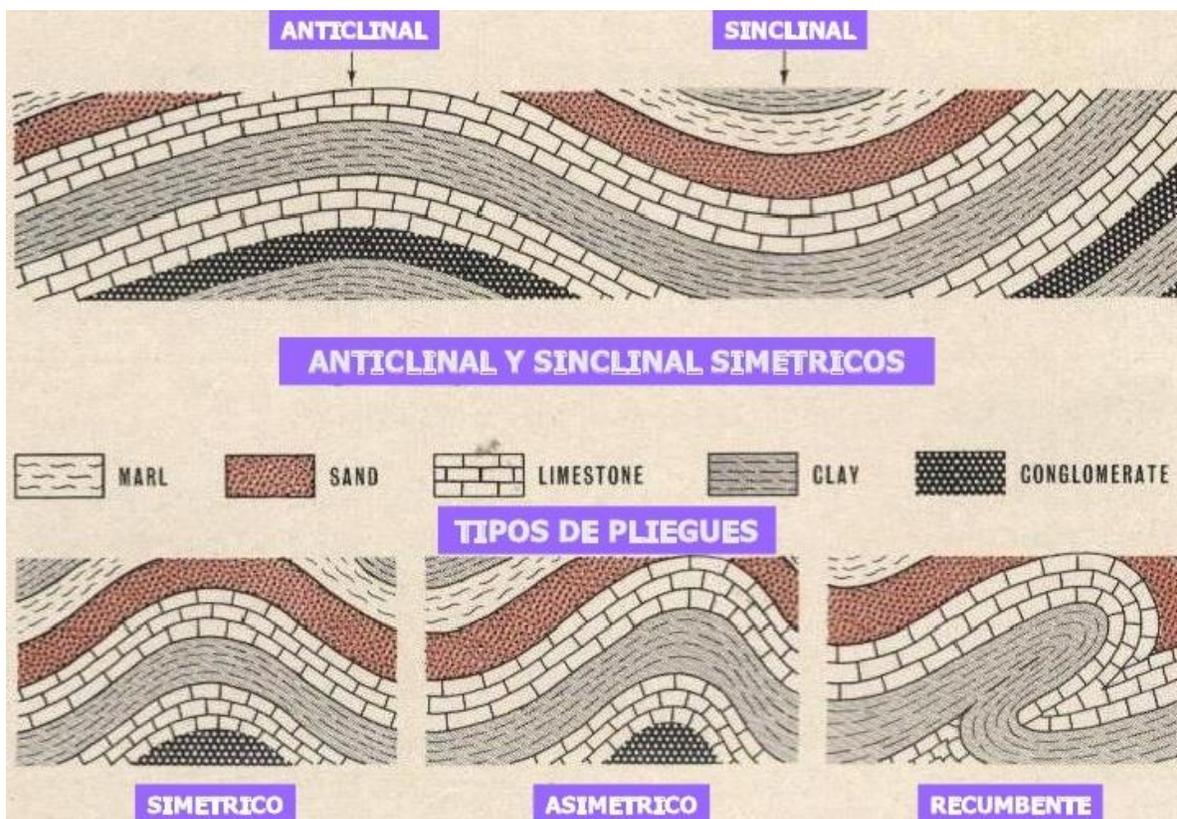


Figura #1. Esquema que ilustra los rasgos característicos tanto de un anticlinal y como de un sinclinal. También se ejemplifican los diferentes pliegues existentes en la naturaleza. Modificado de

Billings, 1963.

1.2. Abstract

This report describes the activities carried out during my professional work at the Cedocit, an office belonging to the Mexican Geological Survey in conjunction with the General Mining Directorate (SGM-DGM Information Update Project).

Activities such as the implementation of Digital Mapping for the General Directorate of Mining, upgrading and dedicated revision of specific Geological Reports for Mining Concessions to tender up to the 2016 year, creation of databases from different sources of the SGM and for the DGM. Subsequently I also developed an analysis of the Mining Law and the Mining Law Regulation respect to its most significant geological aspects closely related to my career.

In addition, I was constantly trained at SGM in order to strengthen and update my professional profile as future Geologist Engineer It was carried out, through a series of short courses taught within the Mexican Geological Service installations. Course taken such as: *Geofacets Course, Northwest Geological Survey of Sonora, GeoInfoMex Course, Course of ArcGIS within the Digital Cartography: maps and sketch mining, Geothermal Introduction Course, Mexico Geochronological Database Course, Geochronology and Heavy Isotope Applications Course in Rocks and Minerals, Mineral Yields Course in Mexico, Course of Stereofalsillas and its relationship with Structural Geology Applied to Mining Exploration, Geophysical Records Course, Mining Legislation Course (Official Federation Journal), Course on the Federal Law on Administrative Responsibilities of Public Servants, Course on the Conduct of Geochronological Chart of Mexico, Course on Stratigraphy of Sequences Applied to Oilfield, Course of the Company of Geophysical Exploration MATRIX Path to the Exploration.*

The report of activities within the area of study developed is presented during my professional practice on the area of the geologic chart La Hediondilla G14 C54. In this area sedimentary sequences of Jurassic Upper, Lower and Upper Cretaceous age occurs in the mountains of El Jabalí, Puerto de Jesus Maria and El Barro.

The oldest rocks exposed on the area are those corresponding to the limestones of the Zuloaga formation, above these are the shales and sandstones of the La Caja Formation, immediately above on these rests a thick sequence of the Cretaceous rocks, composed from the base to the

top, by the formations: Taraises, Cupido, La Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura, Caracol and Lutita Parras (Méndez). Resting on this sedimentary sequence, we can observe a sequence of alluvial and lacustrine deposits that represent the top of the stratigraphic column of the study area. Within the area of the chart is the tectonic front of the Sierra Madre Oriental, which is a belt of folds and mounts and their respective systems of failure (shearing). There are a number of tectonic blocks (high and low) which function as control mechanisms in the sedimentation and filling of basins.

The zone of the geologic chart host to the stated Curvature of Monterrey region, which has been described as an area of elongated and deformed folds anticlinal and synclinal, some have symmetry while others are asymmetrical.

In addition to above, a regional section was carried out, encompassing all the formations reported in the chart, in which where diapir structures were also included in order to explain the geographic distribution throughout the study area. Inside and outside the area of the region an important area for prospecting mineral deposits has been recognized and where deposits of phosphates are emphasized (biogenic phosphorite on its majority).

These deposits and / or mineral deposits are located within the La Caja Formation and these have been previously exploited in older mines that are in the historical collection data of the SGM.

During the period of February, preliminary documentation was carried out, as well as field work, where 18 structural data were collected, as well as 22 geochemical samples for stream sediment analysis. The recapitulated data form part of the north-eastern section of the chart, covering an approximate length of 108 km., where all the data taken were placed and form part of both flanks of a recumbent anticline to the east and a recumbent syncline to the east, showing a System of faults that cut the mountain sequence.

Keywords: Mexican Geological Survey, Mining Law, Mining Law Regulation, geochronology, geothermia, tectonic block, phosphorite, anticlinal, synclinal.

1.3 Objetivo General

- Presentar el informe conceptual de las actividades profesionales realizadas durante el desarrollo de mis prácticas profesionales dentro del Proyecto de Actualización Informativa para el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en conjunto con la Dirección General de Minería (DGM), y el Proyecto 4531 para la Gerencia de Cartografía de la Gerencia Regional Centro de San Luis Potosí, del mismo Servicio Geológico Mexicano (SGM) durante el período laboral del 7 de septiembre de 2016 al 7 de marzo de 2017.

1.4 Objetivos Particulares

- Desarrollar una serie de registros cartográficos de índole minera, por medio de la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG"s), con el fin de crear la información pertinente de las zonas mineras no registradas hasta el momento.
- Elaborar la base de datos actualizada de los diferentes registros cartográficos, sobreponiendo los nuevos datos creados y que serán complementarios para el acervo interno de la Dirección General de Minería (DGM).
- Desarrollar una serie de expedientes que contengan toda la información recabada durante la realización de los diferentes análisis y estudios geológicos en cada una de las Concesiones Mineras que se tenían para licitar durante los últimos meses del año anterior, y el sesgo de los concursos licitados con anterioridad.
- Enriquecer mi aprendizaje como ingeniero geólogo, por medio de la asistencia a una serie de cursos de múltiples áreas, los cuales fueron impartidos en las instalaciones de la institución (SGM). Estos fueron tomados de manera presencial y otros a distancia, es decir, impartidos desde diferentes sedes en el interior del país hacia las instalaciones de México (Tecamachalco).

- Identificar y analizar la relación de la Ley Minera y el Reglamento de la Ley Minera con respecto a mis actividades desarrolladas dentro del proyecto de Actualización Informativa en la Coordinación General de Minería, así como complementar con la búsqueda de la información requerida, que para dicho trabajo se recapituló de diferentes áreas y subdirecciones.
- Catalogar y revisar los informes técnicos (geológicos), los planos geodésicos (topográficos), informes geológicos-mineros e informes geofísicos, presentados a la Subdirección del Registro Público de Minería de la misma Dirección General de Minería.
- Estando adscrito a la Gerencia Regional Centro, las actividades operativas realizadas para la subgerencia de Cartografía fueron las siguientes:
 - Llevar a cabo las diversas actividades de campo dentro del Proyecto de Exploración geológico-minero.
 - Informar a la población de las comunidades aledañas, abarcando los municipios de Saltillo, Coahuila y Galeana, Nuevo León, sobre los trabajos que se realizan por parte de la institución (exploración y mapeo).
 - Realizar y documentar la toma de muestras de roca de diversos afloramientos donde se localizan las Formaciones (registradas con anterioridad en la literatura).
 - Realizar el muestreo geoquímico pertinente de sedimento de arroyo activo, para establecer un compartimiento estadístico y generar un parámetro mineralógico con la finalidad de crear un perfil económico inicial.
 - Crear un álbum fotográfico de los diferentes afloramientos y paisajes que representen la variedad de formaciones geológicas, requerido para hacer el levantamiento y construcción del mapa geológico-minero de la carta La Hediondilla G14-C54 (escala 1:50 000).

2. Antecedentes (contexto de la Participación Profesional)

2.1 Misión del Servicio Geológico Mexicano (SGM)

Generar y proveer el conocimiento geológico-económico de México, maximizando su valor, enfocado al fomento de la inversión y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.

2.2 Semblanza de la razón de ser del SGM

El Servicio Geológico Mexicano tiene sus antecedentes en 1944, con la creación del Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México (CDIRMM).

“Este organismo era dependiente de la Secretaría de Economía y nació gracias a un convenio entre la propia Secretaría, la UNAM, y el Comité Interdepartamental de Cooperación Científica y Cultural, entidad dependiente del Departamento de Estado de los Estados Unidos de América”. (Tomado de: *Diario de Debates. Comisión de Comercio y Fomento Industrial. Sala de Comisiones de la Cámara de Senadores. 15 de febrero de 2005*).

Su función principal fue la investigación geológica minera en el país, enfocada al estudio de grandes distritos mineros. Este organismo inició la publicación de boletines informativos respecto a los resultados de las investigaciones conjuntas con el USGS para la búsqueda de yacimientos de minerales estratégicos, como el fierro, azufre, minerales radioactivos, mercurio, antimonio, estaño, carbón, manganeso, plata y calcita óptica, entre otros minerales y/o sustancias.

Fue en diciembre de 1955 cuando se creó el Consejo de Recursos Naturales No Renovables (CRNNR). Su objetivo era coordinar y fomentar la investigación geológica, minera y tecnológica realizada por las entidades públicas, formular estimaciones e

inventariar los recursos minerales y sus aplicaciones y ser órgano de consulta para el Poder Ejecutivo. Así, en forma paralela continuó operando el INIRM hasta que en 1957 se ordenó su extinción.

Al promulgarse la Ley Orgánica del CRNNR en 1957, se le dio al organismo personalidad jurídica y patrimonio propio y se le asignan las tareas de: exploración geológico-minera y la cuantificación de los recursos naturales no renovables; opinar sobre las zonas o sustancias que deben ser objeto de explotación por entidades públicas mineras o por empresas de participación estatal; ser órgano de consulta para el Poder Ejecutivo en las cuestiones de orden técnico y legal que afecten a la política minera nacional.

En 1975 el CRNNR se transformó en el Consejo de Recursos Minerales (CRM): conservando atribuciones y encomendándole además el preparar compilaciones geológico-mineras como base para estudios metalogenéticos regionales.

Al promulgar el Gobierno Federal una nueva Ley Minera en 1992, el CRM fortalece su rol de organismo generador de conocimiento geológico-minero y al servicio de la industria minero-metalúrgica nacional dado que de las cinco funciones que tenía al inicio crece a catorce. Para cumplir las nuevas funciones el organismo diseñó una estrategia que implicó la redefinición de objetivos, estructura y tareas orientado a proporcionar servicios que promovieran y captaran inversión en este sector.

Derivado de este proceso, el CRM inició el programa de generación de infraestructura de información geológico-minero, geoquímico y aerogeofísico del territorio nacional en escalas 1:250 000 y 1:50 000.

En 1999, conforma el mayor Banco de Datos de Geología en México, e inicia el desarrollo de la cartografía temática en geología ambiental, con el reconocimiento de áreas susceptibles de riesgos geológicos y naturales. (Tomado de: *Diario de Debates. Comisión de Comercio y Fomento Industrial. Sala de Comisiones de la Cámara de Senadores. 15 de febrero de 2005*).

2.3 Descripción de las funciones realizadas por el SGM

- I. *CERTIFICACIÓN DE RESERVAS*: Son los trabajos de campo y gabinete que realiza el SGM para certificar el volumen de las reservas positivas y probables existentes en un yacimiento, previamente ubicadas por particulares.
- II. *CONTRATOS DE SERVICIO*: Son los estudios evaluativos geológico-mineros de carácter integral o por actividad específica, que realiza el SGM a petición de los particulares que así lo solicitan.
- III. *ASESORÍA GEOLÓGICA*: En los Estudios de Asesoría Geológica (mediana y gran minería), tales como las visitas de reconocimiento a unidad minera, yacimiento o fundo minero, donde se realiza una evaluación preliminar de carácter geológico-minera para definir sus posibilidades de desarrollar una operación de explotación.
- IV. *CENTROS EXPERIMENTALES*: Ofrecen los servicios de caracterización de minerales, análisis químicos y pruebas y/o estudios metalúrgicos con los que se pueden contestar las preguntas más comunes en torno a los minerales en forma respectiva:
 - i. *Caracterización de Minerales*.- Descripción mineralógica y de las diferentes relaciones texturales y microtexturales de las muestras de rocas y de los yacimientos minerales prospectivos.
 - ii. *Análisis Químicos*.- Determinación cuantitativa de los elementos presentes y de algunos compuestos alojados en minerales metálicos y no metálicos.
 - iii. *Investigación Metalúrgica*.- Determinaciones físicas o físico-químicas, así como de pruebas y estudios metalúrgicos de minerales, mediante la aplicación de los

diferentes procesos unitarios utilizados en la industria o una combinación de ellos, con la finalidad de obtener resultados óptimos: es decir, la mayor recuperación al menor costo posible.

La información resultante de estos servicios coadyuva, en forma directa e indirecta, en la definición del potencial geológico-minero que tiene el país, contribuyendo en un mejor aprovechamiento técnico-industrial de los recursos minerales de México. (Tomado de: *Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006 – 2012*, p. 3. SGM-SE).

- V. VENTA DE INFORMES TÉCNICOS Y PUBLICACIONES: Este servicio que ofrece el actual SGM vía centros de documentación (Cedocit) tiene la finalidad de adquirir el acervo técnico descrito conforme a las necesidades de los usuarios en un formato impreso o digital, donde se puede solicitar dicho servicio por vía de un correo electrónico, de manera telefónica o presencial en cualquiera de las Gerencias Regionales.

2.4 Contexto Profesional dentro del SGM

Se fortaleció mi formación como futuro Ingeniero Geólogo a partir de las actividades desarrolladas en mis prácticas profesionales y desempeñadas dentro del Proyecto de Actualización Informativa para el SGM en coordinación con la DGM, así como con el Proyecto 4531 para la Gerencia de Cartografía del Servicio Geológico Mexicano (SGM) durante el período laboral del 7 de septiembre de 2016 al 7 de marzo de 2017.

2.5 Localización del área para exploración y vías de acceso

Dentro del trabajo realizado en campo, me es de interés mostrar la zona de estudio en que se desarrollaron mis actividades dentro de la Gerencia de Cartografía, así como las rutas que comunican hasta el poblado y las comunidades cercanas.

Para acceder a la zona de trabajo, existen tres vías:

1. Tomar la carretera federal 57 Matehuala-Salttillo con dirección a la Ciudad de Saltillo, Coahuila; pasando el límite estatal Coahuila-Nuevo León tomar una la desviación a la altura del poblado de San Rafael (km 155); avanzar un par de km por los carriles laterales hasta encontrarse con la desviación a la comunidad de la Hediondilla; tomar la brecha que lleva hasta el pueblo, aproximadamente 20 km, y de allí se accede hacia las comunidades o ejidos a la redonda (La Carbonera, San José del Alamito, San Ramón) que permiten el acceso a la zona de estudio (Figuras #2 a 4).
2. Tomar la carretera federal 54D Zacatecas-Salttillo con dirección a la Ciudad de Saltillo, Coahuila; pasando la comunidad de Gómez Farías, seguir por la carretera durante 30 km y tomar la desviación hacia el poblado de Hedionda Grande. En esa carretera, se continua aproximadamente 25 km y a la altura de la comunidad el Mezquite, se incorpora a un camino de veredas; se continúa aproximadamente 20 km hasta llegar las comunidades de la zona serrana (ejidos de Las Hormigas, Las Puyas, El venado) y poder acceder al sitio de estudio. (Figuras #5 a 9).
3. Tomar la carretera federal 54D Saltillo-Zacatecas, hasta el entronque en General Cepeda; virar hacia la carretera federal 57 Saltillo-Matehuala con dirección hacia la ciudad de Galeana, Nuevo León durante 20 km; pasando la comunidad de Huachichil, Coahuila, tomar la desviación a Aquiles Serdán (Hediondilla). Tomar la brecha que lleva hasta el poblado aproximadamente 25 km, y de allí se accede hacia las comunidades y a la zona serrana.

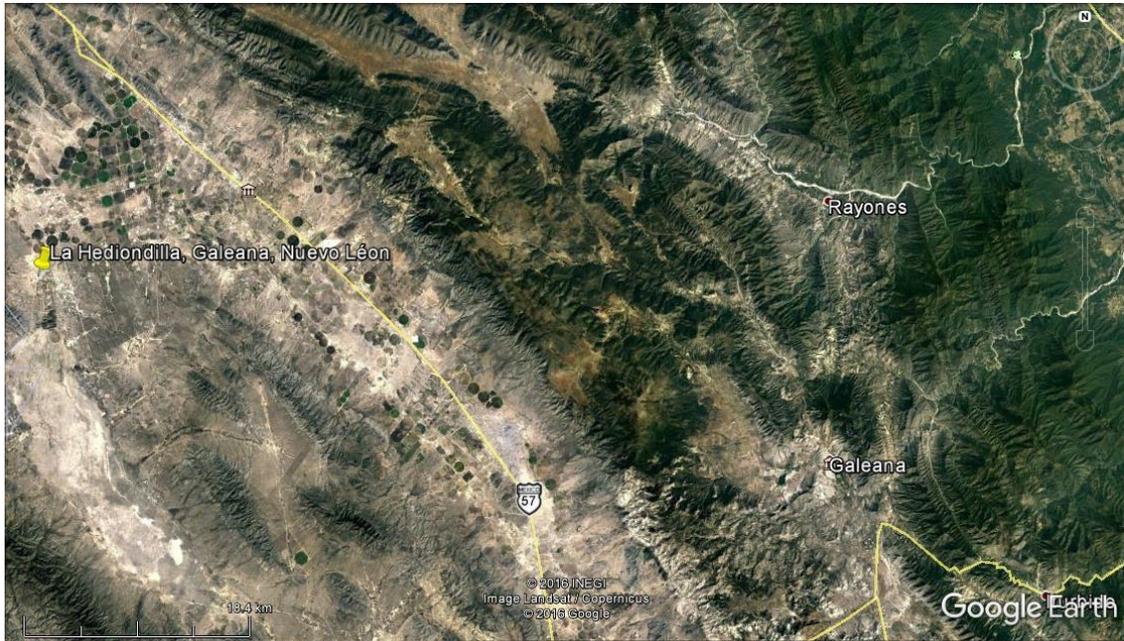


Figura #2. En la presente imagen se aprecia la ubicación del poblado de La Hediondilla (Aguiles Serdán), con respecto a las ciudades más próximas en el Estado de Nuevo León, así como las rutas de acceso para llegar a dicha área. (Imágenes Tomadas de Google Earth. Image Landsat)

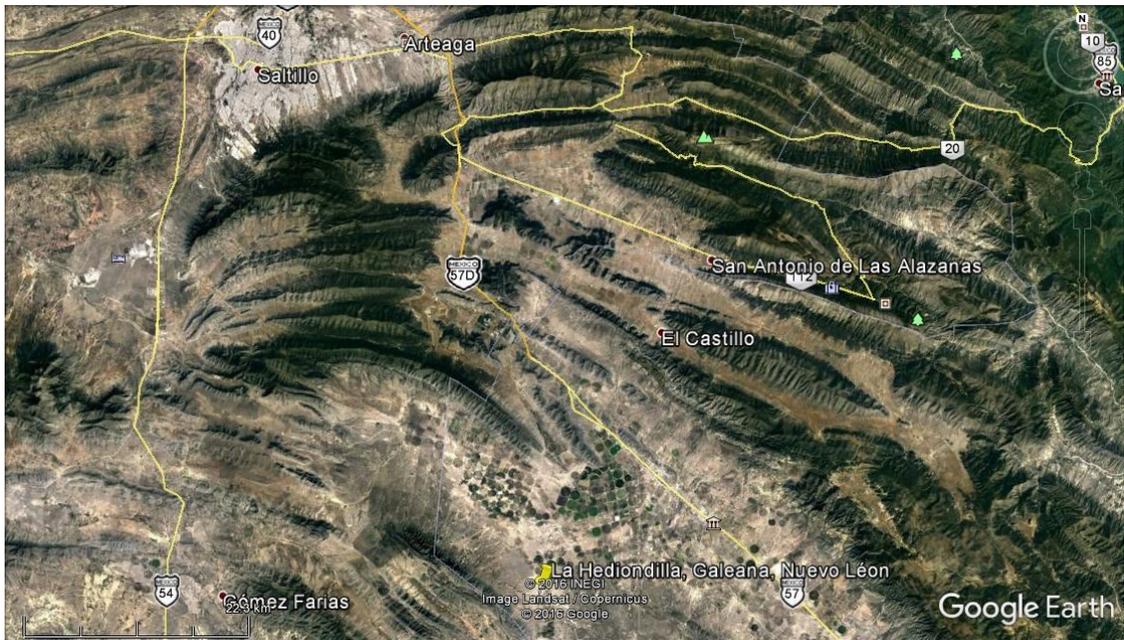


Figura #3. En la presente imagen se aprecia la ubicación del poblado de La Hediondilla, con respecto a las ciudades más próximas en el Estado de Coahuila, así como las rutas de acceso para llegar a dicha área.

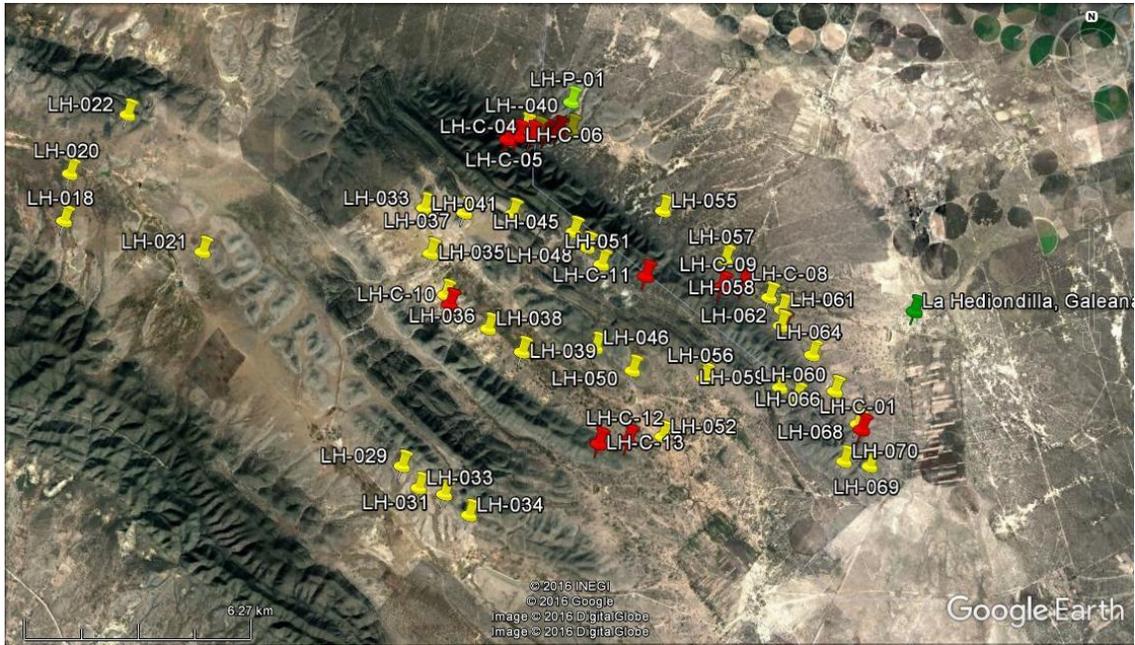


Figura #4. En esta imagen se aprecia la ubicación, con respecto a la comunidad de La Hediondilla, de los puntos que levanté, incluyendo muestras de roca (marca color rojo), de sedimento de arroyo activo (marcas color amarillo) y el punto del prospecto minero (marca color verde).

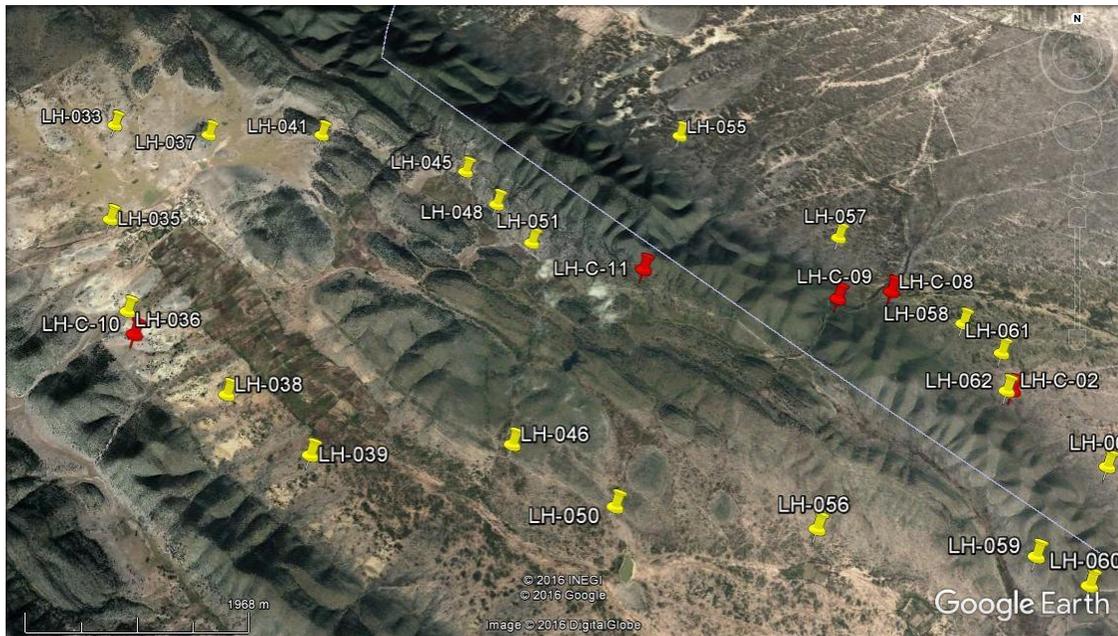


Figura #5. En la presente imagen se aprecia la ubicación del conjunto de puntos que levanté dentro de la parte superior derecha de la Carta La Hediondilla G14 C54; la línea color azul indica el límite entre Estados.



Figura #6. En la presente imagen se aprecia la ubicación del conjunto de puntos que levanté dentro de la parte inferior izquierda de la Carta La Hediondilla; destaca el relieve abrupto de la zona.

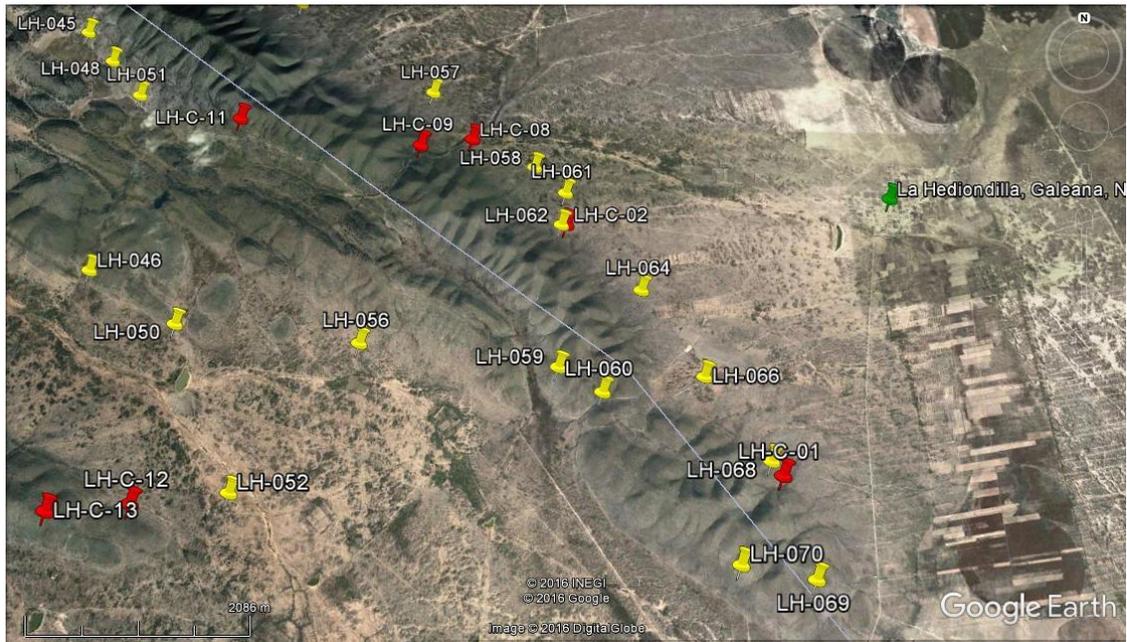


Figura #7. En la presente imagen se aprecia la ubicación del conjunto de puntos que levanté dentro de la parte inferior derecha de la Carta La Hediondilla; la línea color azul indica el límite entre Estados. A pesar de la cercanía con el poblado, no existen rutas de acceso marcadas para acceder al área.

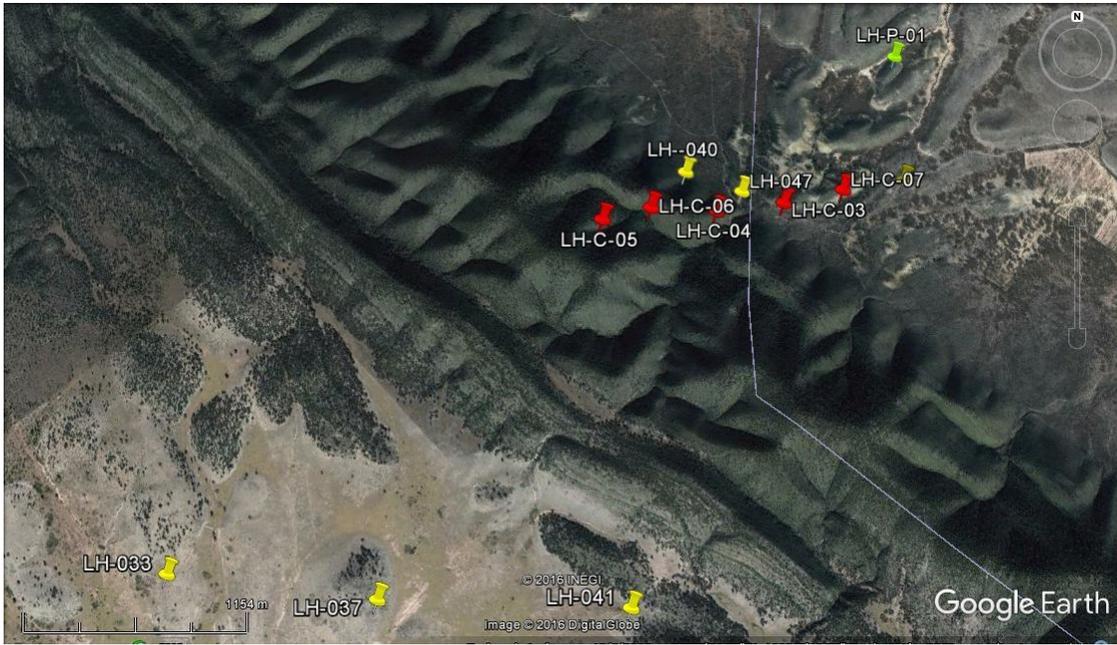


Figura #8. En la presente imagen se aprecia la ubicación del conjunto de puntos que levanté dentro de la parte superior central de la Carta La Hediondilla; la línea color azul indica el límite entre Estados. La marca verde representa la ubicación de la estructura mineralizada, localizada en la zona.



Figura #9. En la presente imagen se aprecia la ubicación del conjunto de puntos que levanté dentro de la parte superior izquierda de la Carta La Hediondilla. Nótese la extensa separación entre cada punto.

3. Metodología utilizada

En este apartado del temario describo los métodos empleados durante la realización de las actividades desarrolladas dentro de mis prácticas profesionales desempeñadas dentro del Proyecto de Actualización Informativa así como con el Proyecto 4531 de la Gerencia de Cartografía del SGM.

3.1 Realización de Cartografía Digital para la Dirección General de Minería (DGM)

Durante la presente actividad, tuve a mi cargo desarrollar una serie de registros cartográficos de aspectos administrativos mineros, por medio de la utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG), tales como ArcMap, ArcGIS, entre otros, y la utilización de paquetes de cómputo con el fin de crear información de zonas mineras no registradas previamente, así como elaborar su correspondiente base de datos actualizada, sobreponiendo nuevos datos que complementan el acervo histórico de la DGM.

Dentro de las encomiendas desarrolladas destacan la elaboración de una serie de croquis y/o mapas donde representé una serie de lotes mineros de manera gráfica y digital que, en su mayoría, describían las periferias, los límites, y otras características de un conjunto de Ejidos, Concesiones Mineras y Asignaciones Mineras.

Siendo personal de apoyo en la presente Subdirección de Cartografía Minera, tuve la oportunidad de crear una serie de mapas de manera digital, los cuales corresponden a un conjunto de lotes mineros localizados en diversas zonas de los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango y Sonora (periodo de Septiembre a Noviembre de 2016).

De entre las características que deberían llevar cada uno de los planos, se consideró contemplar datos como la disponibilidad de información que proveía el propio Registro Público de Minería de la Concesión Minera que se estaba cartografiando así como de las Concesiones a su alrededor, también involucra llevar a cabo una localización geodésica del predio, e inventariar a la empresa minera correspondiente que tiene el título de cada uno de los lotes, verificar su vigencia y plasmar sus características en el Sistema de Información Geográfica.

3.2 Revisión de Informes Geológicos sobre las Concesiones Mineras para la Licitación al Concurso de 2016

En el desarrollo de esta actividad, manejé una serie de expedientes que contenían la información de los análisis y estudios geológicos realizados en las Concesiones Mineras que se tenían disponibles para licitar durante los últimos meses del año anterior.

Dentro de los documentos que catalogué, destacan:

- a) los informes técnicos (geológicos),
- b) los planos geodésicos (topográficos),
- c) informes geológicos-mineros (estimados minerales),
- d) ley de corte,
- e) reservas probadas,
- f) informes geofísicos (magnetometría y gravimetría),

Por mencionar algunos, donde mi labor principal fue revisar detalladamente dichos informes para que tuvieran una congruencia al momento de someter los resultados a la Subdirección del Registro Público de Minería de la misma DGM, expedidos de acuerdo a la legislación vigente, por parte de la Subdirección de Cartografía Minera (SCM).

Los informes técnicos describían todos los resultados obtenidos durante el período de exploración de cada Asignación Minera: levantamientos geológicos, toma de datos estructurales, muestreo a semi-detalle y a detalle, tipología de yacimiento, sustentos cartográficos de la zona en cuestión y análisis geoquímicos, entre otros rubros.

En el período en que revisé algunos de los informes, me enfrenté a cuestiones tales como captura errónea y conceptos inadecuadamente empleados.

Los documentos presentaban en ocasiones pobreza en su contenido, en algunos de ellos una mala redacción, incluso contaban con una interpretación errónea de los datos obtenidos en campo, y errores en la conceptualización tanto desde el punto de vista estructural como de las tipologías de yacimientos minerales, así como serias incongruencias en los estimados de minerales y rocas y en los cálculos de estimados y reservas probadas, ya que los resultados resultaban poco congruentes (cuestiones que se discutieron con los encargados de la DGM).

En los planos geodésicos se describen rasgos topográficos del relieve así como interpretaciones geodésicas en cuestiones de catastro y propiedades existentes, pues la Subdirección regula en cuanto a superficie y que no existan malos entendidos en asuntos legales (que la DGM tiene a su regulación), y también se describían cuestiones de toma de datos georeferenciados a partir de la localización de la mojonera en cada predio.

En dichos informes, algunas veces se tenían errores en las mediciones: en aquellas realizadas sobre el terreno de los lotes, así como en las mediciones desde la mojonera hacía la periferia; también se observó que no se tomaba en cuenta en ocasiones cuestiones que, para mi formación son de importancia, como la ubicación real de la mojonera, pues al no considerar ese rubro se llegaba a tener una invasión de los lotes concesionados, lo que posteriormente afectan en cuestiones financieras y legales, tanto a la empresa como a terceros, situación crítica que la misma DGM deberá resolver a la brevedad.

En cuanto a los informes geológicos-mineros, estos abordan datos y registros que especialistas en geología económica son los encargados de supervisar.

En lo que respecta a estos informes, casi siempre existían datos bien fundamentados en lo referido a los estimados minerales, a la misma Ley de Corte de algunos minerales contenidos en las rocas de cada zona mineralizada hallados durante las etapas exploratorias, e incluso se tenían bien reportadas las reservas probadas que existían en cada una de las Concesiones Mineras.

Algo que me pareció interesante en esta área de los expedientes, tiene que ver con la configuración espacial de las estructuras mineralizadas.

Como se sabe, cada valor obtenido en campo varía con respecto a la geometría de dichas estructuras, y el análisis de estructural es posteriormente empleado para realizar el estudio financiero sobre la viabilidad de una posible explotación en cada Concesión Minera y el posterior procesamiento del material mineralizado en las plantas de beneficio.

Algunos expedientes manejaban datos provenientes del análisis de las pruebas indirectas de campo (métodos geofísicos), como magnetometría, registros geofísicos de pozo, entre otros, con los cuales se integraban los informes geofísicos.

Dichos informes, al tener un costo de realización alto, sólo se veían comúnmente en Concesiones Mineras, que solo empresas mineras de gran envergadura pueden costear; pues debido a que para este tipo de informes, se debe de contar con un registro de datos detallados que se debieron de tomar en la etapa de exploración y en los estudios a detalle del área mineralizada.

3.3 Realización de bases de datos de fuentes diversas para el Servicio Geológico Mexicano (SGM) y para la Dirección General de Minería (DGM)

En la presente actividad, la integración de datos, información y expedientes, mediante el uso de la paquetería correspondiente, se me permitió recopilar toda una serie de documentos de diferentes áreas, para elaborar una Base de Datos para la Subdirección de Concesiones y Asignaciones Mineras. Esta carencia tenía pendiente desde el periodo comprendido del año de 1996 hasta la fecha (2017), debido a que se reformó la Norma que regula éste tipo de información de índole contable-administrativa de la DGM.

En cuanto a las Bases de Datos que creé para el SGM, se hizo énfasis en la información obtenida desde el año de 1996 hasta el 2016, debido a que existía un déficit en el material archivado en el acervo de la instancia competente. También, se observó que al ser una empresa paraestatal con responsabilidades en Exploración Geológico-Minera, la mayor parte de dicha información es referida a las Asignaciones Mineras que se han ido descubriendo con los estudios y localizando a lo largo del territorio nacional.

Los rubros a considerar fueron los siguientes:

3.3.1 Transmisión y Distribución de Concesiones Mineras.- Dentro de la integración de la información y la creación de expedientes de esta serie de Bases de Datos, desarrollé un inventario de todas las Concesiones que se tienen registradas ante la Subdirección del Registro Público de Minería. Aquí tuve la encomienda el crear un catálogo para la Subdirección de Cartografía Minera, y así tener un control de este tipo de Concesiones. Principalmente se trata de lotes mineros que cumplen con un conjunto de características que permiten distribuir las y/o transmitir las a otra subdirección dentro de la DGM, es decir, en la mayoría de este tipo de Concesiones, ya se tiene la aprobación del Subdirector de Cartografía Minera, para que proceda en cuanto a aspectos jurídicos y administrativos se refieren.

3.3.2 Relación de Bases Licitadas para el Otorgamiento de Cierres de Venta de los Concursos y el registro de Participantes para los Concursos sobre las Concesiones Mineras expedidas por la Dirección General de Minería.- Para la creación de esta Base de Datos, se me entregó la información referida a las Asignaciones Mineras que se tenían para licitar con énfasis en los Cierres de Venta de los Concursos.

Conforme se otorgan Concesiones, los participantes (empresas o civiles) tienen el derecho de concursar por cada una de ellas, lo cual crea una competencia, reflejando un comportamiento financiero-administrativo. Este tipo de información debe recapitularse y anexarse a cada expediente.

3.3.3 Lotes Mineros con Evidencias de Hidrocarburos.- Para este tipo de datos e información, me di a la tarea de manejar una Base de Datos que recapitula rasgos excepcionales: la presencia de hidrocarburos en los predios asignados a Concesiones Mineras.

Para este tipo de lotes, se tiene un manejo diferente, pues al encontrar trazas de algún tipo de hidrocarburos, la información que se maneja ya no debe de ser conducida por la SE sino por la Secretaría de Energía (SENER) y de ahí se trasfiere a la Comisión Nacional de Hidrocarburos, dado que son los órganos responsables jurídicos en dicha materia. Este tipo de Concesiones y/o Asignaciones son abandonadas por su posible potencial, debido a que así lo marca la Ley Minera y, aunque se estén llevando a cabo trabajos de exploración y/o de explotación, se tiene, necesariamente, que desistir por mandato constitucional.

3.3.4 Lotes Mineros con afectaciones a Sitios Arqueológicos.- En este apartado, toda la información registrada sobre este tipo de lotes, me sirvió para desarrollar una Base de Datos con relación a los expedientes que contienen sitios

arqueológicos (con protección jurídica distinta) dentro del terreno concesionado. Para este tipo de predios, se tiene un parámetro social muy importante; por ello se me permitió conocer más a fondo el funcionamiento de los parámetros que se consideran para proteger éstas zonas, y su relación con aspectos mineros.

3.3.5 Convocatoria Para Nuevos Concursos de Concesiones Mineras.- En este tipo de registros, se me pidió realizar una Base de Datos con las Asignaciones Mineras vigentes para el año 2016, y que se tenían para licitar.

Dentro de la información que fue considerada para este objetivo, tuve a mi disposición los archivos técnicos, la metodología empleada en campo, y otros aspectos geológicos, con los cuales creé tres expedientes nuevos para soportar la convocatoria de los Concursos.

Dentro de las actividades que se me encomendaron realizar para cada Asignación Minera, menciono las siguientes: revisión y catalogación de los prospectos y de las sustancias a extraer; el estatus de los trabajos y estudios geológicos realizados en la zona; la realización de un croquis de localización, sus rutas de acceso, y el análisis de la disponibilidad del agua; justificar las áreas mineralizadas con base a aspectos geomorfológicos, mineralógicos, de tipología de yacimientos, alteraciones en las estructuras, registros de los núcleos (barrenación), muestreos superficiales, entre otros; y el cálculo de la Ley promedio y los recursos estimados con base en los resultados arrojados por los análisis de laboratorio.

3.4 Análisis de la Ley Minera y sus aspectos geológicos

En coordinación con la Subdirección de Derechos Mineros y de la Subdirección del Registro Público de Minería, tuve la oportunidad de realizar un análisis de la reforma a la

Ley Minera vigente, pues al estar en contacto directo con el personal que maneja esta documentación, me di a la tarea de estudiarla en cuanto a aspectos geológicos se refiere. Considerando la información que se menciona en ésta Ley, me parece conveniente considerar que, en algunos aspectos, se debería de hacer más énfasis en aspectos técnicos, pues son de importancia para la toma de decisiones estratégicas y además de que fungen como parámetros de referencia a nivel nacional.

Al ser un documento gestor y de obligatoriedad, esta debe de reunir las características necesarias para tener una regulación óptima en cuanto a aspectos mineros.

Por ello, presento más adelante el análisis de manera resumida (Capítulo de Resultados) para justificar el párrafo anterior, en donde comento y aumento conceptos y detalles de algunos aspectos geológicos que me parecieron importantes, debido a que en algunos de los artículos (incisos) de la Ley Minera, he encontrado algunos errores en la redacción y/o manejo de conceptos.

3.5 Cursos tomados dentro del Servicio Geológico Mexicano para fortalecer y actualizar mi perfil profesional como Ingeniero Geólogo

Dentro de las actividades que tuve el privilegio de realizar en la institución, consistieron el asistir a una serie de actualización de cursos de diversas áreas, que enriquecieron mi aprendizaje como futuro profesional. Por lo mismo me gustaría comentar de manera resumida, acerca cada uno de ellos. La mayoría de estos cursos fueron impartidos en las diferentes sedes del SGM. Algunos los tomé a distancia en la sala de Videoconferencias en las oficinas en México, mientras que otros fueron presenciales en las Oficinas Nacionales en Pachuca, Hidalgo, en la Oficina Regional Centro, San Luis Potosí, S.L.P.

De manera cronológica, se mencionan los cursos de actualización profesional:

3.5.1 Curso de Geofacets (06-10-16 al 07-10-16).- Impartido por la Universidad de Sao Paulo, Brasil. En este curso intensivo de la plataforma digital y en línea Geofacets se me capacitó para la búsqueda y recapitulación de bibliografía con temas Geocientíficos a nivel profesional, universitario, y de divulgación; esta plataforma además de contar con un carácter mundial y un registro puntual, brinda referencias bibliográficas para la recopilación e incremento del acervo global de aspectos específicos de las Ciencias Geológicas.

3.5.2 Evolución Geológica del Noroeste de Sonora (06-10-16).- Este curso fue impartido en la Gerencia Regional del Noroeste en la Cd. de Hermosillo, Sonora (videoconferencia). Trató de los procesos tectónicos acaecidos en la parte Noroeste del Estado de Sonora a lo largo de su historia geológica, desde los fundamentos de viejos cratones estables Precámbricos, pasando por los esfuerzos orogénicos desde el Proterozoico hasta la orogenia Larámide. Desde el punto de vista tectónico, el contenido fue referido a las estructuras que forman los yacimientos minerales registrados a lo largo de la margen noroeste del Estado y se explicó el funcionamiento de los mecanismos de hidrotermalismo y tipologías de yacimientos minerales asociados.

3.5.3 Curso de GeolInfoMex (07-10-16).- Impartido en la Sala de Juntas dentro del CEDOCIT, México. En este curso se me capacitó para el manejo de la plataforma GeolInfoMex, creada por el mismo SGM, y en el cual se me brindó un catálogo con el que pude navegar, manejar y exportar diversas fuentes y temarios que maneja dicha plataforma digital, resaltando el SIG, que sitúa una serie de áreas del conocimiento (Geociencias), y que se puede utilizar como una valiosa herramienta de trabajo profesional.

Esta plataforma hace referencia a capas (software) de diferentes temas sobrepuestos: Geología, Geoquímica, Geofísica, Geohidrología, Geodesia,

Geomorfología (relieve 3D), Cartografía Geológica (1:250 000, 1:50 000), Yacimientos Minerales, Geocronología, Percepción Remota, Imágenes de Satélite, Registro Agrario Nacional, Propiedad Minera, Informes Técnicos, Acervo Histórico, entre otros rubros que reúnen una fuente importante para la gente dedicada a las Ciencias de la Tierra.

3.5.4 *Curso de ArcGis dentro de la Cartografía Digital: mapas y croquis mineros*

(10-09-16).- Impartido en las oficinas del CEDOCIT, México. En este curso se me enseñó a utilizar diversas fuentes de información como metadatos de INEGI y bases de datos del Registro Público de Minería, para crear lotes mineros con Asignaciones y Concesiones Mineras por medio del manejo del software de ArcMap. Este software me sirvió posteriormente para desarrollar, procesar y concluir el trabajo por el que se me contrató dentro del proyecto de actualización informativa del SGM-DGM.

3.5.5 *Curso de Introducción a la Geotermia (11-10-16).*

- Impartido en la Cd. de Pachuca, Hgo., este curso tuvo como objetivo el introducir a los asistentes en materia de los recursos geotérmicos. En este curso intensivo, se me proveyó de los conocimientos teóricos y prácticos que se piensan desarrollar en los diversos prospectos y campos geotérmicos que en nuestro país se explotan actualmente. Mediante la realización de una serie de estudios geológicos-geofísicos, se parte para determinar el potencial energético y económico que una manifestación geotérmica presente en superficie, y así poder modelar y plantear un futuro proyecto de inversión de esta energía alternativa. Con base en los estudios geológicos y de exploración geotérmica realizados se han construido cinco campos geotérmicos en la nación: Cerro Prieto (B.C.), Los Azufres (Mich), Los Humeros (Pue-Ver), Las Tres Vírgenes (B.C.), Domo de San Pedro (Nay), siendo este último privado y bajo la modalidad reciente de la reforma energética.

3.5.6 *Curso de la Empresa de Exploración Geofísica MATRIX 'Path to the Exploration'*

(19-10-16).- Este curso fue impartido en la Gerencia Regional Norte Centro, Durango (videoconferencia), y se abordó un tema especial en cuanto a la Geofísica se refiere: el procedimiento que se lleva a cabo durante la Exploración.

Así, la empresa MATRIX se dedica específicamente a crear una serie de elementos y métodos con los que se cuenta, pues ésta provee de herramientas para desarrollar una exploración adecuada a escala 1: 50 000, en cartografía temática (geofísica).

3.5.7 *Curso sobre Estratigrafía de Secuencias Aplicada a la Industria Petrolera (20-10-*

16).- En este curso impartido por parte de la Sociedad Geológica Mexicana, dentro del recinto del Museo de Geología, se conversó acerca de la importancia de la Estratigrafía de Secuencias, particularmente en el rubro de la industria petrolera.

Entre sus múltiples facetas, la Estratigrafía de Secuencias tiene una importante labor en el análisis de estructuras profundas con potencial en hidrocarburos, por lo que al realizar una serie de trabajos a detalle, se provee de la información necesaria para tomar una mejor decisión en la exploración y posible explotación de un yacimiento.

3.5.8 *Curso sobre la realización de la Carta Geocronológica de México, Proyecto 4608*

(31-09-16).- En este curso, impartido en la Gerencia Regional del Norte, Chihuahua (videoconferencia) se presentó el proyecto que el SGM viene realizando desde hace un par de años, pues es de gran interés para los estudiosos en las Ciencias Geológicas. En este se está desarrollando una carta a escala Nacional con el conjunto de datos y registros geocronológicos (dataciones) que han sido realizados y/o alojados en estudios y/o trabajos a nivel nacional e internacional, que han sido hasta la fecha documentadas: registros tomados solamente de muestras localizadas dentro del territorio mexicano. Dicho mapa (carta) está por concluirse, y posteriormente será digitalizado y puesto a consulta del público en general con el fin de establecerse como una referencia en cuanto a dataciones radiométricas.

3.5.9 Curso sobre la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos (11-11-16).- Este curso fue impartido en la ciudad de Pachuca (videoconferencia) por el Dr. Alejandro Delint García, Magistrado del Tribunal de lo Contencioso Administrativo de la Ciudad de México, y tuvo la finalidad de capacitarnos sobre las diversas responsabilidades administrativas que los Servidores Públicos deben de cumplir en cuanto a las modificaciones de la nueva Ley y de sus normas operativas de responsabilidad.

Me percaté que muchas veces al trabajar en empresas de carácter federal y/o administrativas, no se sabe a ciencia cierta la importancia que nuestras responsabilidades hacia el público usuario, pues pocas veces se toman a consideración.

3.5.10 Curso de Legislación Minera (Diario Oficial de la Federación) (17-11-16).- En este curso impartido en las oficinas del CEDOCIT, México, se proporcionó una introducción de los acontecimientos de la Ley Minera y su relación con el diario oficial de la federación (DOF), lo que permitió profundizar en cuanto a la misma legislación; se explicó la importancia de las Asignaciones Mineras (incorporación, desistimiento, concursos) y su papel desarrollado dentro de la Ley Minera y el Reglamento de la Ley Minera, así como del proceso general para la celebración de dichos concursos.

Posteriormente se explicó el panorama ambiental y para el equilibrio ecológico que toda empresa minera está sujeta, así como el marco legal de la inversión extranjera y la normatividad que se debe de cumplir para poder realizar dicha inversión.

3.5.11 Curso de Registros Geofísicos (18-11-16).- En este curso impartido dentro de las oficinas del CEDOCIT, México, se presentaron diversos tipos de registros geofísicos con los cuales se pueden analizar resultados de estudios realizados en pozos (barrenación) y compararlos con otros métodos, determinando cuál puede proveer mejor información para cada caso.

Dentro de estos registros se explicaron los eléctricos, de agujero revestido, de potencial espontáneo, de resistividad eléctrica, de inducción, de rayos gamma, de densidad, de neutrones, de litología y porosidad, y de medición sísmica.

Además, se describió la relación de la profundidad con respecto a las geopresiones y las presiones anormales dentro del registro de pozo.

3.5.12 Curso de Estereofalsillas y su relación con la Geología Estructural Aplicada a la Exploración Minera (03-12-16 al 05-12-16).- Durante este curso impartido en las oficinas nacionales en Pachuca, Hgo., se implementó un seminario para reforzar el manejo de estereofalsillas en la interpretación de datos de estructuras geológicas tomadas en campo (estructuras planares y lineales).

Se describió el registro de la toma de datos, su orientación espacial, sus orígenes (sedimentario y tectónico) y su representación en 2D y en 3D, las construcciones estereográficas y sus proyecciones.

El marco teórico estereográfico, funge como antecedente para el análisis posterior de la interpretación estructural del relieve y de las estructuras y formaciones que afloran en el campo: análisis de fallas, campos de esfuerzos y plegamientos.

En lo referido a materia minera, las tipologías de yacimientos se ven gobernadas por las estructuras geológicas y su distribución espacial es esencial en términos de exploración geológico-minera.

3.5.13 Curso de Yacimientos Minerales en México (06-12-16 al 07-12-16).- Impartido en las oficinas nacionales en la ciudad de Pachuca, Hgo., este curso reforzó mi capacidad en el tema de yacimientos minerales del país.

Dentro de las cuestiones técnicas, se abordaron modelos de yacimientos de las siguientes tipologías:

- i) *Depósitos Epitermales*, explicando sus modelos básicos de exploración y describiendo los cuatro modelos que se tienen documentados: Yacimientos Hot Springs, Yacimientos de Vetas Epitermales, Yacimientos Diseminados en Rocas Sedimentarias (Carlin) y Yacimientos Diseminados en Rocas No Reactivas; para éstos yacimientos, se utilizan sistemas de sensores remotos como herramienta de exploración, pruebas de muestreo geoquímico, alteraciones superficiales y su caracterización geológica; también se describe el modelo de formación epitermal de baja y alta sulfuración.
- ii) *Depósitos tipo Skarn*, en donde se habló de la clasificación que esta tipología de yacimientos tiene, tales como: Skarn por reemplazamiento, metasomático, ígneo-metamórfico, en depósitos de contacto, y pneumatolítico de contacto. Se explicó la componente espacial para este tipo de yacimiento (exoskarn y endoskarn), y las diferencias entre un Skarn y un Hornfels, la mineralogía común en los Skarn, los tipos de Skarn, con respecto a los fluidos mineralizantes, sus procesos y etapas de exploración, los ambientes tectónicos, el patrón de zoneamiento, la posterior metodología de exploración, y sus alteraciones, los controles de mineralización, y la firma geoquímica.
- iii) *Sulfuros Masivos Vulcanogénicos (VMS)*, en esta tipología se compararon las manifestaciones termales vivas en la actualidad (chimeneas submarinas), y se explicó la composición, las estructuras y texturas de cada una de ellas. También se describió acerca de la minería en mares profundos para su exploración; origen, condiciones y mecanismo de formación, y a aquellos que fueron propuestos para la mejor comprensión de dichos depósitos.
- iv) *Provincias Metalogenéticas*, se revisó la clasificación metalogenética de las diversas provincias de nuestro país, así como de las épocas de mineralización, y la distribución espacial de los Yacimientos Minerales en México (i.e.:

Peñasquito), mediante una carta Metalogenética, con un enfoque paleogeográfico.

Todos estos tipos de Yacimientos, nunca pierden de vista su interés económico, y las múltiples consideraciones financieras que juegan un papel primordial en los costos generales de la operación minera.

3.5.14 Curso de Aplicaciones de Geocronología e Isótopos Pesados en Rocas y

Minerales (03-02-17).- En este curso impartido en la Gerencia Regional Centro, San Luis Potosí, SLP., se habló sobre las diversas aplicaciones que tienen las dataciones isotópicas en agregados pétreos y a nivel mineralógico; se detallaron cuestiones técnicas (métodos Sm-Nb, K-Ar, Rb-Sr), prácticas (muestreo a detalle) y de metodologías de laboratorio (espectroscopía, microsonda electrónica), a las que una muestra puede ser sometida.

También se abordó el aspecto de sus aplicaciones en materia científica y el incremento de resultados mostrado en la última década, debido a su eficacia en cuestiones geocronológicas, y en los avances que en cada técnica se realizan.

3.5.15 Curso de Base de Datos Geocronológicos de México (03-02-17).- En este

curso impartido en la Gerencia Regional Centro, San Luis Potosí, SLP., se habló sobre las diversas metodologías que utiliza la geocronología, con objeto de recapitular información de registros presentes en documentos académicos, científicos y/o divulgativos, todo ello para la realización de una Base de Datos que genere la mayor cantidad de elementos y con ellos contribuir a la realización de la Carta Geocronológica de México.

Actualmente se tiene georeferenciado y cubierto en su totalidad al estado de Chihuahua, y el cual puede ser consultado desde el punto de vista isotópico en la plataforma GeoInfoMex.

3.6 Metodologías empleadas en campo durante mi participación en el Proyecto de Cartografía Geológico-Minera (24-01-17 al 28-02-17)

Debido al cambio en mis actividades y la posterior participación en el Proyecto de exploración de la carta La Hediondilla G14-C54, esto generó que tuviera una mayor participación en temas de las Ciencias Geológicas.

Por ende, en este informe quise plasmar un poco acerca del trabajo realizado incluyendo mediciones, las fuentes y/o referencias consideradas en el trabajo de gabinete, la metodología en campo, el análisis geológico y estructural que desarrollé, entre otras cuestiones con las que se complementó mi experiencia en el SGM.

3.6.1 Trabajos Previos.- Conforme a los trabajos de De Cserna (1955), Padilla y Sánchez (1978) y la carta geológica 1:250,000 (Concepción del Oro), se encontró que dentro del área de estudio de la carta afloran secuencias sedimentarias del Jurásico, Cretácico inferior y superior en las Sierras de Jesús María, El Jabalí y el Barro.

3.6.2 Estratigrafía.- Las rocas más antiguas expuestas en la zona de estudio son las correspondientes a las calizas de la Formación Zuloaga, sobreyaciendo a estas se encuentran las lutitas y areniscas de la formación La Caja, inmediatamente sobre éstas descansa una secuencia del Cretácico, compuestas de la base a la cima por las formaciones: Taraises, Cupido, La peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura y Lutita Parras.

Descansando sobre esta secuencia sedimentaria se puede observar un paquete de depósitos del Terciario representados por el Conglomerado Ahuichila (que no se encontró en la secuencia estudiada), siguiendo con una serie de depósitos aluviales y lacustres que representan la cima de la columna estratigráfica de la zona de estudio.

3.6.3 Imágenes de Satélite.- Gracias a la interpretación de la imagen epipolar se lograron identificar 8 unidades sedimentarias, la más antigua se ubica en los ejes de los anticlinales y puede corresponder a las calizas de la Fm. Zuloaga (Oxfordiano) y/o a los yesos de la Fm. Olvido (Oxfordiano-Kimmeridgiano).

Posterior a esta y sobre los flacos de los ejes se logró identificar una unidad delgada y arcillosa que puede interpretarse como la Formación La caja.

Adicionalmente se observa un paquete grueso de calizas de gran espesor que puede estar representado por las formaciones Taraises y Cupido; después se observa una unidad delgada y arcillosa que representa a la Fm. La Peña, hacia los extremos de los flancos se observa un paquete de calizas de estratificación delgada que puede estar representado por las Formaciones Aurora, Cuesta del Cura, Indidura, Caracol y Parras.

En lo que respecta las planicies y valles se pudieron observar tres unidades que están representadas por coluviones cercanos a las sierras, aluviones y sedimentos lacustres rellenando las partes centrales de los valles.

3.6.4 Tectónica.- Dentro de la zona de la carta la Hediondilla se encuentra el frente tectónico de la Sierra Madre Oriental, el cual es un cinturón de pliegues y cabalgaduras y sus respectivos sistemas de fallamiento (cizalla). Existe una serie de bloques tectónicos (altos y bajos estructurales) los cuales funcionaron como mecanismos de control en los procesos de sedimentación y relleno de cuencas.

Durante la deformación, los depósitos de evaporitas (Fm Olvido) tuvieron la función de ser el plano de despegue en las cabalgaduras principales; es decir, los esfuerzos de cizalla se soportaron en el yeso, lo que ocasionó la propagación de toda la energía en la Sierra Madre Oriental. Esto se asumió comparado con otros tipos de rocas en la secuencia sedimentaria, pues pertenecen a la Cuenca Mesozoica de México.

El levantamiento de la Sierra Madre Oriental es impreciso, aunque se estima que inicio en a finales del Mesozoico e inicios del Cenozoico (Eguiluz *et al.*, 2000), siendo la máxima deformación (compresión, extensión y levantamiento) durante el Eoceno tardío o el Oligoceno temprano.

3.6.5 Geología Estructural.- La zona de la carta comprende lo que corresponde a la región de la Curvatura de Monterrey (fisiográficamente corresponde a zona de las Sierras Altas, dentro del cinturón montañoso de la Sierra Madre Oriental). El área se encuentra entre dos zonas definidas por Padilla y Sánchez (1985): la Zona Sur de la Curvatura, la cual se describe como una zona de pliegues anticlinales y sinclinales deformados y elongados, algunos presentan simetría y otros de ellos son asimétricos. La mayoría de las estructuras encontradas en el área se encuentran recostadas, teniendo una serie de planos axiales que buzcan entre 85 a 50° hacia el SW. Mientras que para la zona opuesta al flanco, se caracteriza por una serie de pliegues apretados, con una amplia asimetría; la mayoría de éste tipo de estructuras, se presentan como pliegues recostados y tienen una serie de planos axiales, que tienen un buzamiento de entre 40 a 50° al NE.

3.6.6 Secciones Geológicas (preliminares).- A partir de la geomorfología y la distribución espacial de las estructuras NW-SE revisadas en el área de la carta La Hediondilla, se realizó una sección con rumbo NE-SW para cortar las estructuras ortogonalmente. Además, se realizó una sección regional, englobando a todas las formaciones reportadas en la carta, abarcando estructuras tipo diapiro para explicar dicha distribución geográfica a lo largo de la zona de estudio. La primera sección representa la parte norte de la carta, que incluye las sierras del Jabalí, y del Barro, donde se reportaron secuencias de calizas de las formaciones Zuloaga, La Caja, Taraises, Cupido y Cuesta del Cura; mientras que hacia los sinclinales se reportaron formaciones como Indidura, Caracol y la Lutita Méndez.

Por otro lado, debido a una anomalía mineral en el área donde aflora la Fm. Caracol, se ha propuesto que, a pesar de que en el área no se han reportado cuerpos intrusivos, es muy probablemente que exista un sistema hidrotermal que haya diseminado una serie de minerales a lo largo de dicha formación, pues se han reportado zonas ricas en estructuras mineralizadas a la periferia de la zona de exploración que tengan un potencial metalífero.

Es muy posible que las estructuras (principalmente vetas) reportadas se alojen hacia el eje de los anticlinales, lo que podría haber favorecido que se alojase algún yacimiento mineral en las formaciones; por lo que se tiene en manifiesto que la secuencia sedimentaria sea cortada y alterada por un conjunto de pulsos magmáticos y/o de rocas volcánicas aún no descubiertas.

NOTA: Las secciones y perfiles geológicos, no se muestran en este documento, debido a que no me fueron autorizados por parte de la institución, y por tanto tuve que omitirlas debido a la confidencialidad de ésta documentación, en el presente informe.

3.6.7 Yacimientos Minerales.- Dentro y fuera del área de la carta La Hediondilla se ha reconocido una zona importante de depósitos minerales, destacando los yacimientos de fosfatos (fosforita en su mayoría), y que han sido estudiados con anterioridad por diversos autores: De Cserna (1955), Briones A. (1970) y Acosta C., (1955).

Dichos autores han calculado un estimado de hasta 13, 940, 000 toneladas con leyes minerales que van desde 10 hasta el 25% de P_2O_5 , lo que refleja el área de La Hediondilla puede tener un potencial para este mineral ya que con anterioridad han sido explotados en minas que se tienen en el acervo histórico del SGM.

Estos potenciales depósitos minerales se encuentran emplazados dentro de la Formación La caja.

En lo que respecta a yacimientos minerales metálicos la empresa Piero Sutti S.A. de C.V., ha explorado la parte noroeste de la carta, donde han reportado datos en las sierras de El Jabalí y El Toro.

Se ha estimado una reserva de 10 000 000 toneladas de mineral, con porcentajes promedios de 15% de Zn, 3% de Pb y 80g/t de Ag. Sin embargo, recomiendan estudiar más a detalle la zona para poder aumentar el porcentaje de concentración y recuperación de estos minerales.

En lo que respecta al registro minero, en el área central de la carta Alejandro Briones (1971) hizo el reconocimiento de la mina La Marta, entre los ejidos El Venado-San José de los Alamitos, donde detectó la presencia de sulfuros, proponiendo porcentajes aproximados de 10% de Zn, 9.5 de Pb y 20 g/t de Ag.

Con ello, se puede inferir que existen diferentes manifestaciones minerales, pues existen datos y registros reportados que han obtenido buenos porcentajes en cuanto a Pb-Zn, y que se han reconocido durante los trabajos de cartografía realizados en las cartas 1:50 000 en Huachichil, Gomez Farías y El Salvador, regiones que circundan el área de La Hediondilla.

Pese a que la zona de la carta La Hediondilla ha sido estudiada por varios autores con anterioridad, y han reportado valores en cuanto a ley y estimados, se recomienda estudiar más la zona, ya que en cuanto a yacimientos minerales se refiere, existe poco soporte para una posible explotación minera en dicha zona.

4. Resultados

4.1. Análisis de la Ley Minera y del Reglamento de la Ley Minera

A continuación, se presenta el estudio realizado sobre la Ley Minera y su Reglamento, con la finalidad de dar a conocer los posibles cambios y/o reformas que se le deban realizar a la brevedad; en éste documento se asientan comentarios y opiniones con respecto a las actividades realizadas durante el período de mi estadía en el SGM y de acuerdo a las actividades que desempeñé dentro del Proyecto.

4.1.1 Ley Minera

En este documento que sustenta mi experiencia profesional, se presenta el análisis hecho sobre la Ley Minera, y sus tratados en el ámbito minero de manera legal. La Ley, el reglamento de la misma y sus modificaciones debe ser aprobada por la Cámara de Diputados del H. Congreso De La Unión, avalado por la Secretaría General, supervisado por la Secretaría de Servicios Parlamentarios, siendo su última reforma aquella publicada en el documento DOF 11-08-2014, y la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992, por el entonces Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, C. Carlos Salinas De Gortari.

Referente al CAPITULO PRIMERO de la Ley Minera, menciona en sus DISPOSICIONES GENERALES:

- Que en cuanto al marco legal, según el Artículo 1º: *“La presente Ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional”*, se someten a dicha Ley, todas las actividades que en materia minera se desarrollan a lo largo de toda nuestra nación; en la presente reforma se explica cómo debe ser su funcionamiento y su normatividad.

Con respecto a la consulta de la información y la transparencia, a nivel nacional se tiene acceso a dicho material bibliográfico por medio de diversas fuentes, como pueden ser la biblioteca digital, el acervo bibliográfico, el CEDOCIT y la plataforma de GeoInfoMEX del SGM, además de acercarse a las diferentes dependencias como en la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Economía (SE), en la Dirección General de Minería (DGM), en el Diario Oficial de la Federación (DOF), en el Registro Público de Minería (RPM), entre otros organismos que tienen la obligación de dar a conocer dicha información a la población que tenga algún interés por la minería.

- En cuanto a las actividades de exploración, explotación y/o beneficio, se menciona en el Artículo 2° su relación con respecto a la estructura en que se presentan en la naturaleza aquellas sustancias susceptibles de ser consideradas en la ley; es decir, se expone el tipo de estructura espacial en donde se pueden realizar dichas actividades: *“Se sujetarán a las disposiciones de esta Ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos...”*.

Se describe que en dicha zona del terreno, se debe tener una fuerte anomalía en cuanto a la cantidad del recurso se refiere; por lo que específicamente menciona a tres estructuras (vetas, mantos y masas) que son las que tienen mayor interés comercial, debido a que registran un alto en cuanto a Ley se refiere.

Se menciona a los yacimientos por separado, tomándolos como una estructura aparte, por lo cual se está empleando el término de manera errónea, debido a que las estructuras que se explican en este artículo se deberían tomar también como yacimientos.

Lo anterior se explica si tomamos la definición de Yacimiento, como aquella formación en la que está presente una concentración estadísticamente anómala

de minerales presentes en la corteza terrestre (litósfera), nos damos cuenta que cualquier estructura que se explica en la presente Ley, se clasificaría como un yacimiento.

En México se reconocen una gran gama de yacimientos minerales (tipologías) a lo largo y ancho de nuestro territorio, tales como se mencionan a continuación:

- a) Tipo EPITERMAL, esta tipología de yacimientos, es la más estudiada (exploración y explotación) debido a su fuerte potencial geológico-minero y económico, se encuentran alojados principalmente importantes distritos mineros de clase mundial como Pachuca, Real del Monte, Guanajuato, Fresnillo y Taxco (actualmente ciudades producto de la histórica explotación de recursos minerales); además, en cuanto a diversidad de estilos, tipos de mineralización, su importancia económica y la distribución geográfica, se tienen depósitos de gran envergadura como las localidades en San Dimas-Tayoltita, Bacís y Topia (Durango), Temascaltepec y El Oro (Estado de México), Zacatecas y Sombrerete (Zacatecas), Batopilas, San Francisco del Oro y Santa Bárbara (Chihuahua), Moctezuma y Mulatos (Sonora), Bolaños y El Barqueño (Jalisco), La Yesca (Nayarit), Plomosas (Sinaloa), Tlalpujahuá y Angangueo (Michoacán), entre muchos otros más.
- b) Para los yacimientos de tipo SKARN son conocidos el Distrito de Mezcala (Guerrero), San Martín y Concepción del Oro (Zacatecas), Zimapán (Hidalgo), Bismarck y Naica (Chihuahua), Sacrificio y Mapimí (Durango), La Verde (Sinaloa) y Charcas (San Luis Potosí).
- c) Como depósitos metalíferos en PÓRFIDOS destacan principalmente Cananea y La Caridad (Sonora), aunque hay otros depósitos de gran interés tales como Bahuerachi (Chihuahua), El Alacrán y Promotorio (Sonora), Inguarán y La Verde (Michoacán), El Pulpo (Sinaloa), El Arco (Baja California), Cerro San Pedro (San Luis Potosí), Ixtacamaxtitlán (Puebla) y San Antón (Guanajuato).

- d) En cuanto a yacimientos de SULFUROS MASIVOS VULCANOGENÉTICOS (VMS, por sus siglas en inglés), se encuentran localidades tipo en San Nicolás (Durango), Francisco I. Madero (Zacatecas), Santa Rosa y Tizapa (Estado de México), Teloloapan y Campo Mordo (Guerrero) y Cuale (Jalisco).
- e) En lo referido a yacimientos del tipo SEDIMENTARIO-EXHALATIVOS, se han descrito localidades en Molango (Hidalgo) y El Boleo (Baja California Sur).
- f) Para los depósitos tipo ÓXIDOS DE HIERRO, COBRE Y ORO (IOCG, por sus siglas en inglés) se ha registrado tan sólo una localidad tipo en la región de Peña Colorada (Colima), con gran potencial.
- g) Para los yacimientos asociados a rocas carbonatadas tipo MISSISSIPPI VALLEY (MVT, por sus siglas en inglés) se han encontrado grandes depósitos, manifestando zonas de mineralización de fluorita y celestita en parte de las secuencias calcáreas Mesozoicas alojadas entre los estados de San Luis Potosí y Coahuila.
- h) En cuanto a los depósitos de cobre en capas rojas o RED-BEDS, se tiene identificada una localidad en la región de Las Vigas (Chihuahua).
- i) Para los yacimientos asociados a PEGMATITAS donde se explotan minerales con trazas en Elementos de Tierras Raras (REE, por sus siglas en inglés) se tienen registrados un par de localidades en nuestro país: Huitzi y Telixtlahuaca (Oaxaca).
- j) Se citan en la literatura yacimientos de estaño en PLACERES o asociados a vetas estañíferas alojados en riolitas, en diferentes localidades, de entre las cuales destacan las de Guadalcazar (San Luis Potosí), Coneto de Comonfort y Sapiorís (Durango) y otras localidades dispersas en los estados de Durango, Zacatecas y Aguascalientes.
- k) Para los depósitos de topacio alojados en DOMOS RIOLÍTICOS, el de mayor importancia registrada es el del Cerro El Tepetate (San Luis Potosí).

Los yacimientos antes mencionados, son sólo algunos de los más conocidos; más sin embargo no son los únicos en nuestra nación, y sobra decir que no todo está descubierto; el potencial de México como país minero sigue siendo alto, gracias a los nuevos conceptos introducidos por la investigación en depósitos minerales y su contexto geológico y a los nuevos criterios de exploración derivados de las investigaciones realizadas por científicos enfocados a éstos quehaceres.

- En cuanto a la definición descrita en el primer inciso del Artículo 3° de esta Ley, sobre el significado de la EXPLORACIÓN *“Las obras y trabajos realizados en el terreno con el objeto de identificar depósitos de minerales o sustancias, al igual que de cuantificar y evaluar las reservas económicamente aprovechables que contengan”*, se complementaría con la siguiente sugerencia: *„En las diversas etapas de exploración geológico-minera se realizan estudios de prospección, muestreo e interpretación geoquímicos para la delimitación de los yacimientos, mapeo de interior de mina, reconocimientos geológicos superficiales a diferentes escalas (según sea el grado de detalle)“*. Dentro de esta etapa, se debe realizar un procedimiento de asesorías integrales en cuanto a administración y logística, para llevar a cabo la realización de los proyectos de exploración. Además de tomar en cuenta la parte técnica y legal para los fondos mineros, denuncios de concesiones y trabajos periciales en la DGM. Se debe de evaluar la factibilidad económica de cada proyecto minero, así como también la adquisición y obligaciones hacendarias de propiedades mineras, el cálculo de las reservas y la generación de proyectos posteriores. Es importante mencionar que dicha exploración debe de apoyarse de un análisis de anomalías geofísicas, llámese de aeromagnetometría, magnetometría terrestre y gravimetría a diferentes escalas, dependiendo del interés a que se esté empleando dicha actividad, pero sobretodo debe ser integrada la técnica de percepción remota como complemento indispensable a programas de exploración regional.

En cuanto a la EXPLOTACIÓN, la Ley dice en su segundo inciso que son: *“Las obras y trabajos destinados a la preparación y desarrollo del área que comprende el depósito mineral, así como los encaminados a desprender y extraer los productos minerales o sustancias existentes en el mismo”*, por lo que yo considero que se tendría que realizar una segunda etapa de asesorías en cuanto a administración y logística, aplicada ya a la explotación y obtención de los minerales buscados en la etapa de exploración, y posteriormente para llevar a cabo la realización de los proyectos de inversión, particularmente para resolver problemas específicos dentro de la industria metalúrgica.

En la explotación, además se debe de tomar en cuenta la parte técnica, legal y de supervisión de las primeras operaciones para la recuperación de productos base y materia prima, en la concesión minera que se piensa explotar, ya sea de distritos mineros, concesiones mineras, áreas mineralizadas, entre otros.

La Ley nos indica los procesos asociados del BENEFICIO, definidos como aquellos: *“trabajos para preparación, tratamiento, fundición de primera mano y refinación de productos minerales, en cualquiera de sus fases, con el propósito de recuperar u obtener minerales o sustancias, al igual que de elevar la concentración y pureza de sus contenidos”*. Sin embargo, considero que dicha definición es confusa y ambigua, por lo que se podría complementar estableciendo que el Beneficio *„es todo aquel trabajo que desprenda un potencial económico, referido más a la industria metalúrgica, siderúrgica, etc., y debe abordarse en la parte de Beneficio, pues es donde se ve reflejado si en verdad vale la pena la costosa inversión inicial, y si ésta se ve recompensada financieramente hablando”*.

El Beneficio, es la parte de mayor importancia en una obra o desarrollo minero, pues en las anteriores etapas (exploración y explotación) las empresas se dedican a invertir capital sin ver una varianza positiva en cuanto a éste rubro.

- En el Artículo 4° la presente Ley, se hace mención a los “*minerales*”, de acuerdo a su importancia económica y alojamiento en depósitos anómalos de: “*antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, bromo, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, escandio, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, germanio, hafnio, hierro, indio, iridio, itrio, lantánidos, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niobio, níquel, oro, osmio, paladio, plata, platino, plomo, potasio, renio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, sodio, talio, tantalio, telurio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, zirconio y yodo*”.

Sin embargo, se debe de corregir este primer inciso, debido a que todos ellos son elementos químicos puros, más no minerales o sustancias, que es lo que se beneficia de la extracción minera.

Así también, se debe de considerar que existen diferentes tipologías de yacimiento para cada uno de estos elementos; pues se pueden encontrar asociados entre ellos en un mismo depósito; por lo que se debe de tener una manera de clasificarlos por separado.

En cuanto al segundo inciso, se menciona como minerales de uso industrial a los siguientes: “*actinolita, alumbre, alunita, amosita, andalucita, anhidrita, antofilita, azufre, barita, bauxita, biotita, bloedita, boemita, boratos, brucita, carnalita, celestita, cianita, cordierita, corindón, crisotilo, crocidolita, cromita, cuarzo, dolomita, epsomita, estaurolita, flogopita, fosfatos, fluorita, glaserita, glauberita, grafito, granates, halita, hidromagnesita, kainita, kieserita, langbeinita, magnesita, micas, mirabilita, mulita, muscovita, nitratina, olivinos, palygorskita, pirofilita, polihalita, sepiolita, silimanita, silvita, talco, taquidrita, tenardita, tremolita, trona, vermiculita, witherita, wollastonita, yeso, zeolitas y zircón*”.

Este inciso, se debería de reformular, debido a que se está buscando un uso netamente industrial y en este caso no existe un porqué de dicho uso, ni mucho menos se llega a apreciar porqué unos minerales sí están englobados y otros no.

Además, no siempre se debe de abordar a todos los minerales mencionados en un solo grupo, debido a que cada grupo de minerales tiene sus particularidades de asociación y diferentes usos industriales; es decir, se debe de reagrupar dependiendo de las propiedades de cada grupo, pues algunos necesitan mayores consideraciones (i.e.: ambientales) en su manejo que otros. La mayor parte de los minerales mencionados, sirven como materia prima para las industrias y empresas, por lo que se debería de tomar en cuenta, que algunos de éstos son corrosivos, y un mal manejo de éstos podría ocasionar problemas de salud y/o ambientales si no se manipulan con precaución.

En este artículo, en su inciso segundo BIS, menciona a la *diatomita* como un caso especial, pues al ser un reservorio bioclástico, no se le contempla dentro de los anteriores incisos; además de ser un material lítico, se le maneja por separado. En cuanto a la explotación y beneficio de la diatomita, en la Ley Minera, no se aborda; sin embargo, es de gran interés su comercialización, debido a que es un material que tiene muchas aplicaciones en las actividades industriales y productos químicos subordinados que se fabrican.

En el cuarto inciso se abordan las piedras preciosas y semipreciosas: “*agua marina, alejandrina, amatista, amazonita, aventurina, berilo, crisoberilo, crocidolita, diamante, dioptrisa, epidota, escapolita, esmeralda, espinel, espodumena, jadeita, kuncita, lapislázuli, malaquita, morganita, olivino, ópalo, riebeckita, rubí, sodalita, tanzanita, topacio, turmalina, turquesa, vesubianita y zafiro*”. Aquí se debería de legislar solamente dichos materiales y/o minerales, más no parla la presente Ley, dado que todos ellos, sólo les menciona y no hace referencia alterna ni a tipologías ni criterios exploratorios, de explotación y/o beneficio. Sería interesante conocer por qué algunos minerales (rocas) son considerados en este inciso, mientras que otros no, o si se mencionan por ser extraídos con mayor facilidad o son más abundantes que otros.

Con respecto a la *sal gema*, en el quinto inciso se le considera, debido a que tiene un gran valor económico (valor social). Sin embargo, existe un mal manejo de la información en cuanto a lo técnico y lo legal, pues existen empresas que explotan los yacimientos de manera inapropiada, o en ocasiones perjudican de más a rubros tanto sociales como ambientales, y a mi parecer, debería de incluirse en la presente Ley.

En cuanto al inciso sexto, que hace mención a los productos derivados de la descomposición de las rocas, "*arcillas como el caolín y las montmorillonitas, al igual que las arenas de cuarzo, feldspatos y plagioclasas*". A mi parecer, este término está mal empleado, pues se presta para confusiones o mala aplicación del término, tanto para la cuestión técnica como para la gente que labora en la obra, pues existe un término mejor acoplado para describir dichas alteraciones asociadas a procesos de meteorización. Por otra parte, todos estos materiales, son comúnmente encontrados directamente en la mayoría de los afloramientos y/o yacimientos, ya que en campo la mayoría de las veces nos encontramos con rocas con diversos grados de meteorización; y en algunos bancos de material y/o prospectos, nos sirven como indicadores superficiales.

En lo que respecta al inciso séptimo, menciona a los *minerales susceptibles de ser usados como fertilizantes: apatita, colófano, fosfosiderita, francolita, variscita, wavelita y guano*, por lo que son materiales utilizados en la industria agropecuaria, dado que son nutrientes naturales e indispensables estratégicos para éste tipo de actividades.

Este inciso octavo, que trata sobre el *carbón mineral en todas sus variedades*. Este inciso sufrió una modificación, pues anteriormente sólo se explotaba el carbón mineral (turba) y su implicación legal era referida exclusivamente a éste. Sin embargo, en esta última actualización, se incluye a los demás tipos de carbón que se explotan de los diferentes yacimientos encontrados en nuestro país, trátense de depósitos de turba, lignito, hulla, antracita o grafito.

- Existe el caso de las excepciones en la presente Ley: el Artículo 5° se aplica, en su primer inciso, para el caso del *petróleo y los demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, que se encuentren en el subsuelo*; en dicho artículo se abordan los casos donde no se aplica dicha Ley, pues son ajenos a la minería y/o a las actividades mineras. Cuando en alguna Asignación o Concesión Minera se encuentran trazas y/o depósitos o prospectos de algún tipo de hidrocarburo, la presente Ley no se aplica, pues es un rubro ajeno a las atribuciones jurídicas de ésta.

Han habido muchos casos de proyectos mineros que han dado positivo como posibles prospectos de hidrocarburos, por lo que en materia de éstos, son conducidos y manipulados por ley, bajo la observancia de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH); por lo que se abandonan invariablemente como proyectos mineros, y las actividades de exploración y/o explotación se cancelan.

Cuando se tiene algún enriquecimiento de hidrocarburos, el mandato constitucional es el de informar a la Secretaría de Energía (SENER) y posteriormente a la Comisión Nacional de Hidrocarburos, instancias que se encargarán de dicho predio.

En su segundo inciso, habla sobre los *minerales radiactivos*, estos se exceptúan primero debido a su rareza, pues son difíciles de hallar en cuanto a su tipología de yacimientos; segundo, su extracción es poco común, pues al ser de una índole escasa (raros en la litósfera), son pocas las naciones que regulan dicha actividad. Los posibles depósitos de algún mineral radiactivo, deberán ser evaluados por expertos en dicha área, pues al ser muchas veces inestables en superficie, pueden ocasionar deterioros en diversas áreas, ya sean ambientales, sociales, económicas, entre otras. Al tener un excepcional interés en su hallazgo y posterior extracción, los peritos en dichos minerales, deben de ejercer una fuerte intervención en cuanto al aspecto legal, pues en ocasiones por la falta de comunicación se crean más problemas de los que se podrían resolver en cuanto a la explotación de dichos minerales.

La instancia responsable de llevar a cabo los estudios de explotación de estos depósitos es la Secretaría de Energía; lo anterior debido a que son una fuente de energía alterna, que en nuestro país tiene poco en uso, mas sin embargo, se muestra interesante en cuanto a su potencial financiero.

En el cuarto inciso del presente artículo se hace mención a *las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción*. Este tipo de materiales proveen una fuente de ingresos muy importante para nuestra economía, por lo que las canteras, cavas, bancos de material, entre otros (los denominados recursos dimensionables) son una referente para las actividades mineras, pues son económicamente rentables en el corto plazo.

La industria de la construcción se ve enriquecida por la presente Ley, pues ahora se regulan dichos materiales, su procedencia y su comercialización, situación que anteriormente estaba poco documentada debido a sus bajos ingresos de producción.

Por último, en el inciso quinto se habla de aquellos *materiales derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación se realice por medio de trabajos a cielo abierto*. Muchas veces estos materiales pétreos extraídos de tajos abiertos deben estar regulados, en tanto a sus actividades mineras de explotación, debido que anteriormente se tomaban a la ligera pues no existía un órgano regulador del medio ambiente y hoy en día se considera su impacto ecológico.

- En el Artículo sexto de la presente le se hace énfasis en la utilidad pública de las actividades de exploración, explotación y beneficio de los minerales, pues se menciona que *éstos serán preferentes sobre cualquier otro uso o aprovechamiento del terreno, con sujeción a las condiciones que establece la misma*.

Se menciona que las actividades de uso de suelo de índole minero, tienen prioridad con respecto a otro uso (urbano, forestal, etc.); siempre y cuando se manifieste en términos legales.

Además, no siempre se tenía claro que se afectaba a terceros por realizar alguna actividad minera, y la Ley promueve que todas dichas actividades sean públicas para que las comunidades estén al tanto de las mismas.

Muchas veces las actividades de exploración y/o explotación no tomaban en consideración las agravantes en cuanto a aspectos públicos; la Ley promueve que tanto la energía eléctrica, los medios de comunicación y la presencia de hidrocarburos tendrán mayor prioridad que ejercer un derecho legal para la realización de alguna actividad minera en dicha zona.

Pues el artículo menciona que la Secretaría (SE), *previo a expedir títulos de concesión, deberá solicitar la información necesaria a las autoridades competentes, a fin de verificar si, dentro de la superficie en la que se solicita la concesión, se realiza alguna de las actividades de exploración y extracción de petróleo (hidrocarburos) o del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica.*

- Toda la información recabada por las diversas actividades mineras que se lleven a cabo por alguna empresa, la SE tiene el derecho de solicitarla en cualquier momento que lo requiera (así se menciona en el Artículo 7° de esta Ley, en su inciso noveno); siempre y cuando, exista una confidencialidad de ambas partes, pues muchas veces se llegan a desacuerdos por el mal uso de dicha información.

Para cualquier documento de índole geológico, toda empresa de giro minero debe tener un expediente que registre los datos y demás estudios que amparan su buen funcionamiento como empresa, y sustentan legalmente la labor realizada.

Una de las atribuciones que tiene la Secretaría (inciso décimo) es promover y actualizar la información cartográfica en materia minera; pues además de ser su obligación, regula también en materia Topográfica-Geodésica la información y su registro público en lo referente a cualquier Concesión Minera.

➤ En el artículo 9° de la Ley, se menciona que *para promover el mejor aprovechamiento de los recursos minerales y generar la información geológica básica de la Nación*, la Secretaría se apoyará en el Servicio Geológico Mexicano (SGM), organismo público y descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios. El SGM promueve que dicha información y la mejora en cuanto al aprovechamiento de los recursos minerales, en base a las siguientes funciones, que la presente Ley expone:

- ❖ *Promover y realizar la investigación geológica, minera y metalúrgica;*
- ❖ *Identificar y estimar los recursos minerales potenciales a nivel nacional;*
- ❖ *Inventariar los depósitos minerales del país;*
- ❖ *Proporcionar la información geológica, geofísica, geoquímica y minera, y que sea de carácter público;*
- ❖ *Elaborar y actualizar la Carta Geológica de México, en diferentes escalas;*
- ❖ *Proveer la información e interpretación geoquímica y establecer las características geofísicas del subsuelo;*
- ❖ *Dar a la pequeña y mediana minería, y al sector social, asesoría técnica en materia de evaluación de depósitos minerales, procesos metalúrgicos y análisis físico-químicos de muestras de minerales, para su mejor aprovechamiento;*
- ❖ *Proporcionar el servicio de laboratorio y el estudio e interpretación de análisis químicos, físico-químicos, metalúrgicos y geológicos de muestras en estado sólido, líquido o gaseoso;*
- ❖ *Aportar elementos viables a la determinación de minerales y la incorporación o desincorporación de zonas a reservas mineras;*
- ❖ *Coordinarse con otras entidades e instituciones públicas o privadas, nacionales o extranjeras, que realicen investigaciones geocientíficas;*
- ❖ *Participar en las reuniones geocientíficas nacionales e internacionales;*

- ❖ *Prestar a clientes externos los servicios descritos en este artículo (dentro del territorio nacional, en el extranjero) mediante contratos con personas físicas o morales, instituciones públicas o privadas;*
- ❖ *Brindar asistencia técnica en materia de planeación de uso del suelo, aportando estudios de: riesgo geológico, ecológicos, territoriales, geohidrológicos y geotécnicos, que se requieran para este fin;*
- ❖ *Obtener y conservar la información de ciencias de la tierra, para incrementar el acervo del servicio público de información geológica, geofísica, geoquímica y minera del país;*
- ❖ *Formar parte del Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas;*
- ❖ *Proporcionar la información geológica, geoquímica y geofísica y asesoría técnica sobre el uso y aprovechamiento, de los recursos minerales;*
- ❖ *Identificar y promover ante la Secretaría la ejecución de obras de infraestructura que propicien el desarrollo de distritos mineros;*
- ❖ *Desarrollar, introducir y adaptar nuevas tecnologías, a fin de mejorar la exploración, explotación y aprovechamiento de los recursos minerales de la Nación;*
- ❖ *Auxiliar a la Secretaría en los concursos a que se refiere esta Ley;*
- ❖ *Actuar como órgano de consulta y peritaje de la Secretaría, en visitas de inspección;*
- ❖ *Certificar reservas minerales;*
- ❖ *Celebrar contratos mediante licitación pública para llevar a cabo obras y trabajos dentro de los lotes que amparen las asignaciones mineras;*
- ❖ *Coordinarse con las autoridades estatales para impulsar y difundir el conocimiento de la actividad geológica, minera y metalúrgica mediante la promoción del establecimiento de museos de minería.*

En el CAPITULO SEGUNDO de la Ley Minera, se hace mención de las características de LAS CONCESIONES, ASIGNACIONES Y RESERVAS MINERAS:

- En el Artículo 10° se habla del aspecto legal en materia de estudios geológicos: se menciona que el SGM deberá atender a la presente Ley, y responder a la *Secretaría en cuanto al aprovechamiento de los recursos minerales de manera legal, mediante la expedición de títulos de Asignaciones Mineras, para lo cual deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación.*
- La presente Ley, en su artículo 12°, explica la delimitación de los lotes mineros (Asignación Minera y/o Concesión Minera) y la ubicación del perímetro de éstos; toda propiedad debe estar georeferenciada para que puedan ser incorporados a las reservas mineras, los cuales deben estar *limitados por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno, sobre la cual se determina el perímetro que comprende.*

El punto de partida (PP), también conocido como mojonera, siempre debe servir como ubicación inicial en cualquier lote (Asignación Minera y/o Concesión Minera) pues queda claro que dicho lote se encuentra georeferenciado respecto a éste.

- En el artículo 13° se menciona que el SGM tiene la capacidad de incorporar lotes y/o zonas estratégicas a las reservas mineras donde ha realizado estudios exploratorios en materia minera, pues tiene el permiso legal y público de carácter federal para acreditar que se tiene un potencial económico en dicha área. *(Solamente podrán incorporarse a reservas mineras zonas cuya exploración haya sido realizada previamente por el Servicio Geológico Mexicano, y se justifique su incorporación con base en el potencial minero de la zona, determinado mediante obras y trabajos de exploración a semidetalle, y se acredite la causa de utilidad pública o se trate de minerales considerados dentro de las áreas estratégicas a cargo del Estado).*

- En cuanto a los concursos para otorgar concesiones, el artículo 13° BIS menciona que los lotes y/o Concesiones que se tienen para licitar se tendrán que publicar en el DOF, pues muchas veces las pequeñas empresas mineras tienen interés de competir con las grandes empresas, y por este medio es como se logran acuerdos para el mejor aprovechamiento de los recursos minerales, pues se logran convenios entre dichas empresas. Dentro de los rubros que todo concurso de licitación deben de tener, destaca la parte de los informes geológicos que se deben entregar; pues cada uno debe de contener una determinada serie de datos que son de vital importancia para las empresas. En éste apartado se menciona aquellos estudios realizados en el área, la Ley promedio, los recursos probados, los recursos estimados, y muchas veces el costo de inversión, por lo cual a las empresas mineras se les hace atractivo, pues se les provee de la mayoría de la información requerida para echar a andar la operación minera.

En el CAPITULO TERCERO de la Ley Minera, se mencionan LOS DERECHOS QUE CONFIEREN LAS CONCESIONES Y ASIGNACIONES MINERAS a los titulares:

- Las concesiones mineras (Artículo 19°) confieren derecho a *realizar obras y trabajos de exploración y de explotación dentro de los lotes mineros que amparen*, pues la Ley lo permite, ya que se está pagando por ese derecho. Además un título le atribuye la Explotación y el Beneficio de los recursos minerales encontrados en dentro de dicha zona; se puede construir una planta o cualquier otra obra de ingeniería para la extracción del material que se esté explotando. Así también, se debe tomar en cuenta que el título de la C.M. tiene una vigencia de 50 años, a partir del momento en que se expide dicho título por la DGM; en ese lapso de tiempo, la empresa dueña del título, tiene la facultad de beneficiarse con el material extraído, siempre y cuando cubra con el pago de impuestos y de los derechos que le confieren dicha enajenación.

La empresa que posee el título de la C.M. tiene la oportunidad de localizar nuevos prospectos exclusivamente dentro del área que dicho título confiere; siempre y cuando no invada otro lote minero, a excepción de que éste ya no se encuentre vigente, o se encuentre como terreno libre.

Como se sabe, cualquier operación minera (y sus muy diversas actividades dentro de ésta) demanda una gran cantidad de agua; por ello, la empresa que disfruta del título de la C.M. es libre de *manejar y distribuir el líquido para efectuar actividades de exploración, explotación y beneficio, siempre y cuando acate las reglas establecidas para el buen uso de éste recurso.*

Bajo este precepto, la Ley Minera encuentra cierto número de ambigüedades respecto a la Ley de Aguas Nacionales. Tales incertidumbres deberán ser resueltas a la brevedad.

- Dentro de las cláusulas que la presente Ley describe en el artículo 20°, en materia de hidrocarburos y/o carbón, la Secretaría de Economía es la que regula todo trabajo y/u obra de exploración y explotación, debido a que se abordan temas que norma la Ley de Hidrocarburos (*en terrenos amparados por asignaciones petroleras o por contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos*). Si se tiene un predio como A.M y/o C.M. y éste tiene valores anómalos en materia de hidrocarburos y/o carbón, se deberá ejercer en el marco legal, pero directamente a nivel de Secretarías.

En el CAPITULO CUARTO de la Ley Minera, se mencionan LAS OBLIGACIONES QUE IMPONEN LAS CONCESIONES Y ASIGNACIONES MINERAS Y EL BENEFICIO DE MINERALES:

- En el artículo 27°, se menciona que los titulares de las concesiones mineras, independientemente de la fecha de su otorgamiento, la empresa o empresas son sujetos obligados en cuanto a *las disposiciones generales y a las normas oficiales*

mexicanas (NOM) aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente; pues aparte de deteriorar el ambiente y la ecología de un ecosistema por un mal manejo de los residuos y/o de las operaciones mineras desarrolladas dentro del área que comprende su título de Concesión, se hace merecedor a una multa (a veces muy costosa) que perjudica a su la empresa.

Desde el punto de vista de seguridad, la empresa minera debe de tener en cuenta que la integridad de los trabajadores debe de ser primordial, pues además de tener una responsabilidad cívica y social, responde por las agravantes que se puedan presentar, ya que es responsable patronal de cada uno de los empleados que laboran para que la empresa funcione de buena forma y se beneficie del recurso que se está explotando y/o beneficiando.

También se aborda el tema del mantenimiento del punto de partida (mojonera), pues muchas veces la empresa titular de la Concesión no le provee de ningún cuidado, lo cual ocasiona problemas posteriores en las inspecciones y/o en la georeferenciación, datos que pueden ser de importancia para la localización de nuevos prospectos para la misma empresa. En cuestiones legales, el estado de conservación de la mojonera desempeña un papel interesante, pues en caso de algún peritaje, éste funciona como prueba jurídica en alguna inspección.

Al finalizar los trabajos de explotación y beneficio, toda empresa minera que posee un título de alguna C.M. está sujeta y obligada a rendir un informe geológico-minero a la Secretaría de Economía; pues con éste se ampara jurídica y legalmente.

Dentro de las especificaciones que el informe debe de contener, destacan los estudios de exploración y explotación realizados en el lote minero; ya sea que la C.M. se cancele por terminación de su vigencia, desistimiento, sustitución por reducción,

infracción o cualquier otra resolución judicial, se debe de realizar oportunamente dicho informe, pues así se evitan conflictos posteriores.

- Toda actividad u obra Geotécnica, que tenga relación con alguna operación minera, debe de tener un antecedente que describa estudios y/o análisis geológicos; esto con el fin de llevar un control y un registro para evitar accidentes (*artículo 29°*).

En el CAPITULO QUINTO de la Ley Minera, se mencionan cuestiones referidas al REGISTRO PÚBLICO DE MINERÍA y LA CARTOGRAFÍA MINERA

- En base con el artículo 46°, *La Secretaría llevará el Registro Público de Minería* en el que deberán inscribirse los actos y contratos de los títulos de *asignación minera y las declaratorias de nulidad o cancelación de las mismas*; los decretos que establezcan reservas mineras o que desincorporen zonas de éstas.

Dentro de las facetas que la Secretaría de Economía debe desempeñar, existe un apartado que rige el registro público de todos los títulos de Concesiones Mineras y lo que confiere al asunto legal de cada una de ellas.

En cuanto a las Asignaciones Mineras se tiene un control y una estadística de cada una, pues todas estas se pueden consultar de manera pública en el DOF, y revisar todo lo referente a cada una de ellas.

De acuerdo a la recapitulación de los informes entregados por las actividades exploratorias, se puede llegar a decretar si se añade o se retira una zona a alguna reserva minera que se tenga documentada.

- El artículo 52° indica las atribuciones de la cartografía minera, debido a que la Secretaría tiene la obligación de incorporar la información referida a todas las A.M. y/o C.M., y que éstas sean de carácter público y que puedan ser consultadas por el público en general (*... para constatar el carácter libre de los lotes que sean objeto de solicitudes de concesión y asignación mineras*).

- Dentro de la cartografía minera, se tiene a disposición la información estadística de los lotes mineros vigentes, ya sean Asignaciones Mineras, Concesiones Mineras y/o Reservas Mineras, así como los trámites *que cada una de ellas tienen en el momento en que se solicita dicha información. (... se representarán gráficamente la ubicación y el perímetro de los lotes amparados por concesiones, asignaciones y reservas mineras vigentes, y en trámite).*

En el CAPITULO SÉPTIMO de la Ley Minera, se mencionan rubros como las INSPECCIONES, SANCIONES Y RECURSOS:

- ❖ A partir del artículo 55°, que nos dice que se sancionará con la cancelación de la concesión minera al titular si: no se sujetan las obras y trabajos de exploración o de explotación de carbón en terrenos amparados por asignaciones petroleras.

Debido a que una Concesión Minera no puede realizar obras de exploración ni de explotación de carbón, por ser un material estratégico, la Secretaría podrá multar a la empresa dueña de dicha Concesión Minera, incluso con la cancelación de la vigencia del título.

En el último CAPITULO de la Ley Minera, en el apartado de los TRANSITORIOS, se observaron dos apartados de interés o relación con la Geología, y con mis actividades:

- ❖ SÉPTIMO.- De acuerdo a la normatividad de esta Ley, sólo se tiene seis años para explorar el lote que se tiene Asignado con el título pertinente; así como para realizar todos los trabajos que se quieran llevar a cabo.
- ❖ OCTAVO.- *Según la normatividad descrita en la presente Ley, un título de Concesión ampara toda actividad de explotación desarrollada en la propiedad, durante un período de cincuenta años; así como del beneficio de todo material que en dicha área se localice.*

4.1.2 Reglamento de la Ley Minera

Se presenta el análisis hecho sobre el Reglamento de la Ley Minera, y sus acontecimientos tratados de manera legal, Ley que ha sido aprobada por la Cámara de Diputados del H. Congreso De La Unión, siendo su última reforma publicada en el DOF 31-10-2014, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de octubre de 2012.

En el presente Reglamento, se trata de regular el otorgamiento y la administración de las Concesiones y Asignaciones Mineras, y la forma en que se ejercen y cumplen los derechos y obligaciones que se adquieren cuando se confiere un título.

Con base al TÍTULO PRIMERO del Reglamento de la Ley Minera, habla sobre sus DISPOSICIONES GENERALES:

- En este artículo 1° se explica de manera clara las funciones que la Cartografía Minera desempeña y las múltiples labores que esta subdirección realiza, haciendo hincapié en lo referido a aspectos legales. En cuanto a la Cartografía Minera, se le suele representar como una gráfica de la ubicación y el perímetro de los lotes amparados por concesiones, asignaciones y reservas mineras vigentes.

Basados en el TÍTULO SEGUNDO del Reglamento de la Ley Minera, se describen las CONCESIONES, ASIGNACIONES Y RESERVAS MINERAS:

Capítulo I. De las Concesiones y Asignaciones Mineras

- En este artículo 16°, se hace referencia a los requerimientos con los que se deben de contar cuando se desea adquirir y/o concursar por una Concesión o una Asignación Minera. Las solicitudes de concesión o de asignación minera, deberán contener: *nombre del lote, superficie del lote en hectáreas, municipio y estado en que se ubique el lote, nombre de los principales minerales a extraer; las coordenadas de ubicación del punto de partida.* De dicho punto se expresarán las referencias aproximadas a lugares conocidos y centros de población de la zona, y se anotará la ruta de acceso desde el poblado más cercano.

Capítulo II. De los concursos para el otorgamiento de Concesiones Mineras

- Las convocatorias a concurso para el otorgamiento de concesiones mineras a que se refiere la Ley, se publicarán en el DOF (artículo 29°). Dichas convocatorias deberán contener: nombre del lote del concurso, entidad Federativa y Municipio en que se ubique el lote o lotes, coordenadas del punto de partida y, superficie del lote o lotes en hectáreas. Además, se debe de tener en cuenta datos y registros como: lados, rumbos, distancias horizontales y colindancias del perímetro del lote o lotes y de la línea auxiliar del punto de partida a dicho perímetro. Adicionalmente, se deben de conocer los perímetros interiores del lote o lotes y mencionar las principales sustancias encontradas hasta el momento. Así como el lugar, fechas y horarios en que podrán ser adquiridas las bases del concurso, así como su costo.

Capítulo III. De las Reservas Mineras

- Para los efectos de incorporar una zona a una Reserva Minera, a partir del artículo 39° de esta Ley, se entiende por obras y trabajos de exploración a semidetalle aquéllos que *permiten conocer la morfología del depósito mineral; el rumbo, inclinación y fallamientos principales del mismo; su longitud y espesor, así como los contenidos y uniformidad de la mineralización*. Dichos requerimientos son con los cuales dicha zona (lote) puede ser integrado a una Reserva Minera, la cual debe de contar con un registro de algunas características técnicas y/o de índole geológico-minero para su aprobación final.

CAPÍTULO IV. De la Cartografía Minera

- Con base en el artículo 94°, la Cartografía Minera *se configurará con base en los datos de concesiones, asignaciones y reservas mineras vigentes; solicitudes de éstas en trámite, concesiones otorgadas mediante concurso, lotes relativos a concursos declarados desiertos, terrenos no liberados*. Cualquier persona podrá solicitar su situación legal y sus características administrativas en el Registro Público de Minería.

4.2 Descripción de los puntos de control geológico, datos estructurales y afloramientos de las litologías estudiadas y datos del muestreo levantados en campo

Durante el período del mes de febrero se realizaron trabajos de documentación preliminares, así como trabajo de campo, donde se recolectaron 18 datos estructurales, así como también 22 muestras de sedimentos de arroyo.

A continuación, presento los puntos de mapeo de DATOS ESTRUCTURALES que levanté durante el Proyecto 4531, La Hediondilla (Coah.-N.L.). Los datos recopilados forman parte de la sección nor-noreste de la carta, recorriendo un área aproximada de 108 km².

Todos los datos tomados forman parte de ambos flancos de un anticlinal recumbente al este y un sinclinal recumbente al este, mostrando un sistema de fallas que cortan la secuencia estratigráfica en la zona serrana.

4.2.1 Fm. Zuloaga (Jo Cz) Cz Zuloaga - Jurásico Tardío - Oxfordiano

Se tomaron 3 datos estructurales. En esta formación se encontró una secuencia de calizas masivas de gran potencia (espesores de 1-3 m) fracturadas, de color gris oscuro al fresco, y gris claro-rosado al intemperismo.

La particularidad de esta formación es la gama de exquisita fauna que se encuentra dentro de sus estratos: bivalvos, braquiópodos, belemnitas, foraminíferos, ostrácodos, amonitas, entre otros.

En cuanto al contacto inferior, se apreció en una zona fuera de la carta, donde se observó subyaciendo a la Fm. Olvido (Yesos), mientras que su contacto superior es transicional con la Fm. La Caja (Figuras #10 y 11).



Figura #10. Afloramientos donde se pueden observar los contactos transicionales: izquierda, contacto entre la Fm. Zuloaga-La Caja; derecha, contacto entre la Fm. Olvido-Fm Zuloaga.



Figura #11. Izquierda, detalle de Caliza que muestra la fauna Oxfordiana de la Fm. Zuloaga: bivalvos, braquiópodos, belemnitas, foraminíferos, ostrácodos, amonitas, entre otros. Derecha, detalle del estrato masivo de caliza de la Fm. Zuloaga (núcleo del Pliegue).

Con base en la descripción de Imlay (1938) esta unidad está constituida principalmente de caliza de estratificación gruesa: estratos de 1 – 3 m. Presenta una coloración gris oscura; en algunas secciones, existe la presencia de nódulos de pedernal negro. Texturalmente, corresponde a una caliza tipo packstone, constituido por granos no esqueletales (oides, pisoides, oncolitos); se caracteriza por la abundancia de fracturas estilolíticas relativamente grandes y vetillas de calcita. Se caracteriza por contener algunos pequeños horizontes con la presencia de *Nerinea sp.*

Se ha reportado un espesor de entre 50 y 100 m para el área correspondiente. Con respecto al ambiente de depósito, para esta unidad se menciona que se formó en un ambiente cercano a la costa, con un clima uniforme, y escaso aporte de terrígenos: la presencia del género *Nerinea* ha sido interpretada como característica de un ambiente tropical de aguas someras. Dentro del contenido paleontológico, para esta unidad se han reportado pelecípodos, gasterópodos, corales, braquiópodos, fragmentos de equinoideos y foraminíferos bentónicos (*Imlay, 1938; Rogers et al. 1957; Buitrón, 1984; Jiménez et al. 1982; Zarate, 1982; Martin, 1996; Pessagno y Martin, 2003; Barbosa-Gudiño, 2004*).

4.3.2 Fm. La Caja (JkKbe Lu-Lm). Jurásico T.-Cretácico T. –Kimmeridgiano - Berriasiano

En esta formación se tomaron 2 datos estructurales. Se conforma de un paquete intercalado de Lutitas (Lu) y Limolitas (Lm) de coloración amarillo al fresco, y ocre-rojizo al intemperismo. Dicha secuencia posee una sedimentación periódica de Lu-Lm-Lu-Lm. Se encontró una serie de concreciones a lo largo de la formación. El contacto inferior es transicional con la Fm. Zuloaga, mientras que el superior es poco visible (Figura #12).



Figura #12. Afloramientos donde se pueden observar las diferentes capas de la estratificación (izquierda) de la Fm. La Caja. Derecha, presencia de un sigmoide, producto del esfuerzo al que se sometió el área: vestigio de la Orogenia Laramide en la porción norte de nuestro país.

Con base en la descripción de Imlay (1938) esta unidad está constituida de una secuencia de calcarenita y limolitas calcáreas que en conjunto presentan principalmente un color gris rosáceo. Dicho paquete sedimentario, posee una abundante fauna de amonites (*Padilla y Sánchez, 1978*), siendo potencialmente rico en fosforita (*Padilla y Sánchez, 1978; PEMEX, 1988*).

Además, dicha unidad cuenta con una secuencia de mundstone de color gris claro en estratos del orden de los 10 cm de espesor, con interestratificaciones de lutita calcárea laminar y pedernal negro bandeado.

Se ha reportado adicionalmente una alternancia de calizas margosas (estratos delgados) con limolitas y areniscas bituminosas, albergando fósiles de cefalópodos, gasterópodos, pelecípodos y braquiópodos (*Barbosa-Gudiño et al., 2004*). El espesor de esta unidad que ha sido reportado para la Sierra del Jabalí es de 121 m.

Con respecto al ambiente de depósito, y de acuerdo a las características litológicas y al contenido faunístico, se interpreta que en esta unidad efectuó su depósito en facies profundas: arriba del nivel de compensación del aragonito.

La tendencia de profundización de la cuenca dentro de la unidad se observó con el paso de un régimen inicial de clásticos finos en la base, inmediatamente después de que termina el depósito de la Caliza Zuloaga, seguido por un régimen intermedio de deposición fosforítica, para culminar con un régimen de deposición carbonatada en su contacto transicional con la Fm. Taraises.

El contenido paleontológico de esta unidad está caracterizado principalmente por amonites, bivalvos y belemnites, y se ha registrado la presencia de ichthyosaurios; dentro de la microfauna se ha encontrado a *Calpionella alpina* (*PEMEX op cit.*) y a escasos foraminíferos bentónicos.

4.3.3 Fm. Taraises (Kbeh Cz – Lu. Cretácico Temprano–Berriasiano - Hauteriviano.

Se tomaron 2 datos estructurales en la zona estudiada. Se presenta una secuencia de calizas masivas de color gris, intercaladas con paquetes laminacires de lutitas calcáreas de color pardo-marrón. Se analizó una serie de fauna peculiar con la cual se determina las características para ubicar esta Formación. El contacto inferior con la Fm. La Caja no se reconoció, mientras que el contacto superior es transicional con la Fm. Cupido (Fig. #13).



Figura #13. Afloramiento donde se puede observar los diferentes estratos de la Fm. Taraises: en su parte inferior, calizas masivas de color gris con una estratificación gruesa, y gradualmente hacia la cima una intercalación entre calizas, margas y lutitas delgadas, con alto contenido fosilífero.

Basado en la descripción realizada por Imlay (1938) esta unidad se divide en dos miembros litológicos: el miembro inferior se le describe como calizas de color gris, resistentes a la erosión (debido a la intensa carbonatación que tuvo pos-depósito); sin embargo el miembro superior se constituye de estratos delgados de caliza y calizas arcillosas con coloración de gris claro a gris amarillento (muy fosilífera).

De manera general, la unidad consiste de una caliza arcillosa, con textura de mundstone a wackstone con intercalaciones de margas y lutitas calcáreas de capas laminares, siendo concordantes en estratos de medianos a gruesos. Asimismo, se observan delgadas bandas y lentes de pedernal intercaladas con estratos de lutitas y limolitas; se han registrado estilolitas paralelas a la estratificación, así como concreciones de pirita,

reemplazadas por hematita (*Imlay, 1938; Enciso de la Vega, 1968; Zwanziger, 1978; Anderson et al., 1988; Eguiluz, 1989; Martínez-Reyes, 1989; Mitre-Salazar, 1989; Santamaría-Orozco et al., 1990; Moreira-Rivera, 1997; Lehmann et al., 1998; Reyes-Reyes et al., 1999; Santiago-Carrasco et al., 2000; Espinosa-Arámburu y Méndez-Montalvo, 2001; Méneses-Garibay et al., 2004; Molina et al., 2004; Barbosa-Gudiño et al., 2004; García-Ruíz, 2005; Santana-Salas, 2008*).

Se registraron espesores dentro del estado de Coahuila (*Santamaría-Orozco et al., 1990*) en la región del Mimbres del orden de los 363 m. En lo referido al ambiente de depósito en que se originó la formación va desde una plataforma externa, con una profundidad moderada (*PEMEX op cit., 1988; Barbosa-Gudiño et al., 2004*), una plataforma abierta en forma de rampa (*Eguiluz 1989*), y una plataforma somera cercana a la línea de costa, manifestando profundizaciones en su sedimentación; asimismo, ha sido relacionado con facies de zona batial y facies pelágicas.

Por otro lado, *Flores-Aguilón et al. (1997)*, *Moreira-Rivera (1997)*, *Reyes-Reyes et al. (1999)* y *Santiago-Carrasco et al. (2000)* consideran que esta secuencia sedimentaria se depositó en una cuenca profunda en condiciones tranquilas, rodeado de un ambiente reductor y depositación singenética de pirita.

Se registra contenido paleontológico compuesto esencialmente de microfósiles del grupo de los amonites, asociados a pelecípodos, gasterópodos, equinodermos y braquiópodos. Asimismo, los microfósiles con importancia bioestratigráfica se mencionan a nanocónidos, calciesferúlidos, foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.

4.3.4 Fm. Cupido (Khap Cz). Cretácico Temprano – Hauteriviano - Aptiano

En esta formación no se tomó 1 dato estructural. Está conformada por una secuencia de calizas masivas de estratificación media, presentando una textura tipo mudstone a wackestone, de color gris oscuro al fresco y gris claro al intemperismo.

Se encontró la presencia de óxidos diseminados de Fe-Mg-Mn (nódulos) así como lentes de pedernal negro que en ocasiones son elongados. En esta zona se logró observar el contacto inferior con la Fm. Taraises en esta zona, mientras que su contacto superior no fue visible, pero se menciona como concordante con la Fm. La Peña (Figura #14).



Figura #14. Afloramientos donde se observan las capas de estratificación media de la Fm. Cupido: calizas masivas de estratificación muy gruesa (2 m) con estructuras estilolíticas, además de la presencia de nódulos (concreciones) de pedernal y nódulos ferruginosos y restos fósiles.

En su descripción original, Imlay (1938) define la unidad como calizas masivas de color gris oscuro a negro. Se ha reportado la presencia de pedernal, así como concreciones de pirita y de marcasitas oxidadas.

Estudios más detallados como el realizado por Guzmán (1973), se refiere a tres tipos de facies, entre las que están: una facies de plataforma, constituida por calizas tipo wackestone y packstone con intraclastos, pellets y miliólidos, dolomitizadas; una facies de cuenca, representada por capas gruesas de calizas tipo mudstone con estilolitas, nódulos de pedernal y pirita; y finalmente una facies marginal, determinado por arrecifes y bancos de rudistas y corales.

Imlay (1938) reporta espesores de 430 m en el Cañón del Mimbres (localidad tipo), y 346 m en el Cañón del Órgano, ambas sierras al sur de Coahuila.

La interpretación del ambiente de depósito de esta unidad, corresponde a dos distintos tipos: la parte inferior ha sido relacionada a ambientes poco profundos de plataforma somera, con ciclos de carbonatos depositados en un área protegida por un borde arrecifal, relacionada a mares cálidos, aguas agitadas y oxigenadas; este tipo de sedimentación es representativo de un área que fue invadida por los mares y tuvo una ligera subsidencia donde se depositaron los sedimentos calcáreos.

La parte superior se depositó en un ambiente de aguas profundas, representado por calizas tipo wackestone de foraminíferos y mudstone intercaladas con sustratos endurecidos. Finalmente, la presencia de pirita en esta unidad ha sido relacionada con un ambiente reductor.

Esta unidad presenta gran abundancia de fauna fósil, donde destacan por su importancia bioestratigráfica la presencia de amonites de los géneros *Distoloceras*, *Leptoceras*, y *Pseudohaploceras*. Dentro de la microfauna de macroforaminíferos se hallan los géneros *Orbitolina*, y *Dictyoconus*; así como foraminíferos planctónicos (*Globigerinelloides* sp., y *Hedbergella* sp.) y los foraminíferos bentónicos *Pseudocyclamina hedbergi*, *Pseudocyclamina litus*. Asimismo, destaca la presencia de calpionélidos (*Tintinnopsella carpathica*, y *Stenosemellopsis hispánica*), junto con *Nannoconus* sp., que es un nanofósil bentónico (Pantoja-Alor, 1963; Martínez-Reyes, 1989; Barragán y Díaz-Otero 2004;

4.3.5 F.m La Peña (Kap Cz-Lu). Cretácico Temprano – Aptiano Sup – Albiano Inf

No se tomó ningún dato estructural correspondiente a esta formación. La Peña consiste principalmente en una secuencia de lutitas calcáreas de coloración gris con algunos tonos rosados, con presencia de una serie de estratos delgados de calizas, donde se observaron además lentes alargados y bandas de pedernal negro intercaladas.

Se observó también la presencia de fragmentos de Amonitas en las capas superiores de esta formación.

En cuanto a esta Formación, su relación espacial es de gran importancia estratigráfica, debido a que ésta significa el cambio brusco litológico en la secuencia, es decir entre la Fm. Cupido y la Fm. Aurora (Figura #15).



Figura #15. Detalle de la Fm. La Peña donde puede observarse la intercalación entre lutitas y calizas, además de observarse bandas de pedernal negro, de aproximadamente 5 cm de espesor.

Esta unidad definida por Imlay (1938), consiste en una secuencia de lutitas calcáreas y margas y calizas arcillosas, de color gris claro a gris oscuro. Esta formación presenta espesores contrastantes muy delgados (variaciones de 10-50 m), por lo que se infiere que corresponden a la ausencia, por no depósito, de algunos de sus horizontes basales (hiato). También los espesores delgados son el resultado de un evento de condensación estratigráfica para esta formación.

En ambos casos, son el producto de una regulación negativa o un depósito lento de sedimentos durante el periodo en que se originó la secuencia; se justifica debido al elevado relieve topográfico de la subyacente Fm. Cupido (de origen arrecifal), cuya cresta impidió el depósito de sedimentos basales de la Formación La Peña.

En cuanto a la sucesión de fósiles, predomina la presencia de amonites de los géneros *Dufrenoyia* y *Cheloniceras*, distribuido en casi toda la Fm. La Peña (*Cantú-Chapa, 1989*).

4.3.6 Fm. Aurora (Kce Cz-Do). Cretácico Temprano - Albiano Inferior - Superior.

No se tomó ningún dato estructural correspondiente a esta formación. En ésta, se observaron estratos de caliza de espesor medio de color gris al fresco y gris claro al intemperismo; presentando una textura mudstone a wackestone, con altas acumulaciones de foraminíferos, donde se observaron miliólidos. Su contacto inferior es con la Fm. La Peña, mientras que el contacto superior es concordante con la Fm. Cuesta del Cura (Figura #16).

Inicialmente fue descrita como caliza sucia en capas gruesas, con numerosos nódulos de hierro y pedernal, con abundantes fósiles (*Burrows, 1910*). *Humphrey y Díaz (1956)*, la describen como caliza de estratificación delgada a masiva de color gris a ocre con cantidad variable de pedernal en forma de nódulos irregulares y concreciones. Presenta raras intercalaciones de lutita calcárea gris. Los nódulos de pedernal son de color gris a negro e intemperizan a ocre oscuro; se considera que la caliza es de tipo wackestone-packestone y grainstone en estratos masivos, con macrofauna de rudistas (caprínidos y toucasias) y microfauna de miliólidos, así como fragmentos de algas, entre otros.

La interpretación del ambiente de depósito de esta unidad es de facies de plataforma somera, debido al contenido paleontológico, y sus relaciones litológicas y estratigráficas con las formaciones adyacentes.

Dentro de su contenido paleontológico, se han descrito géneros como: *Orbitolina texana*, reportada en la base de la unidad; *Dicyclina schlumbergeri*, *Dictyoconus* sp, *Oxytropidoceras* sp., *Lunatia* sp., *Orbitolina* sp, *Colomiella recta* y *Colomiella mexicana*, del Albiano Inferior, Medio y Superior (Humphrey y Díaz, 1956; Montañez-C. et al., 2000). En lo referido a su espesor, esta Formación ha sido descrita en la Sierra de San Marcos (300-600 m) en el Estado de Coahuila. En los límites estatales entre Coahuila y Zacatecas, la unidad tiene un espesor promedio entre 40 y 60 m.



Figura #16. En la imagen puede observarse un estrato de caliza masiva de un espesor aproximado de 4 m, correspondiente a la Fm. Aurora.

4.3.7 Fm. Cuesta del Cura (KaceCz-Lu). Cretácico. Albiano – Cenomaniano

Se tomaron 5 datos estructurales dentro de esta formación. Se observa un paquete de calizas fracturadas de color gris al fresco y gris claro al intemperismo; presenta una textura tipo wackestone en estratos delgados, intercaladas con horizontes delgados de lutitas calcáreas y bandas de pedernal negro, que presentan una peculiar estructuras abudinadas (boudinage).

Su contacto inferior es con la Fm. Aurora, mientras que su contacto superior es transicional con la Fm. Indidura, pues a veces no se lograba apreciar (Figura #17).



Figura #17. Afloramiento donde puede observarse a las calizas de la Fm. Cuesta del Cura con sus características estructuras del tipo boudinage: las cuales se constituyen de secuencias intercaladas de lutitas y calizas, con laminaciones (0.5 cm) de pedernal

A partir de Imlay (1936), de manera general esta unidad está constituida por caliza negra con estratificación que varía de delgada a mediana; en algunas ocasiones la caliza se observa café grisácea, laminada y ondulada (Pérez-Rul, 1967); asimismo, contiene intervalos de lutita y limolita con lentes y nódulos de pedernal.

Imlay (1938) midió un espesor aproximado en la sección tipo de 64 m, confirmando una semejanza en medida a lo largo del Cañón Taraises; mientras que a lo largo del Cañón Plátanos midió un espesor aproximado de 70 m. Autores posteriores han registrado espesores variados dependiendo de la localidad: con espesores mínimos desde 34 m hasta 400 m (Rogers et al., 1957; Clemons y McLeroy, 1962; Ledezma-Guerrero, 1967; Barboza-Gudiño et al., 2004; Villeda et al., 2005).

En cuanto al contenido paleontológico, se han reportado amonites de las especies *Hypacanthoplites* sp. y ejemplares de los géneros *Hoplites* y *Puzosia*, además de algunas especies de pelecípodos, adicionalmente se ha registrado la siguiente microfauna: *Pithonella ovalis*, *Hedbergella* sp., *Calcisphaerula innominata*, *Heterohelix* sp., algunos foraminíferos planctónicos, equinodermos y algas (Barboza-Gudiño et al., 2004; Ángeles-Villeda et al., 2005; Villarreal-Fuentes, J., 2007).

Con base en la litología y asociación faunística (planctónicos), se ha interpretado que esta formación se depositó en ambientes profundos con baja circulación. También se le clasifica como un ambiente nerítico profundo, con buena oxigenación y un aporte cíclico constante de sedimentos terrígenos; asimismo, se agrega que por su contenido macro y microfaunístico, esta unidad se depositó en un ambiente marino pelágico de cuenca, con profundidades de una zona circalitoral a epibatial de más de 200 m en aguas tranquilas. En interpretaciones más recientes, se considera que esta Formación se depositó en un ambiente de facies profunda (Ángeles Villeda et al. 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villarreal-Fuentes, 2007).

4.3.8 Fm. Indidura (Kcet Cz-Lu). Cretácico. Albiano medio – Coniaciano

Se tomaron 2 datos estructurales dentro de esta formación. Se trata de una secuencia de calizas masivas de espesores de entre 0.1 a 0.2 m; presentan tonalidades rojizas a grises al fresco, mientras que es amarillo al intemperismo.

Posee una textura tipo mudstone a wackestone, intercaladas con horizontes delgados de lutitas calcáreas de tonos grises a rosados. Cabe resaltar que la caliza se observa en forma de jales. En la parte inferior de la secuencia presenta algunos nódulos de pedernal negro que en algunas áreas tienden a ser alargados.

Su contacto inferior es transicional con la Fm. Cuesta del Cura, mientras que su contacto inferior no se observó debido a que se encuentra cubierto por sedimentos terrígenos terciarios: aluviones, conglomerados, coluviones (Figura #18).



Figura #18. *Detalle de los afloramientos donde pueden observarse los estratos de caliza en forma de lajas, intercalados con lutitas de color ocre, correspondiente a la Fm. Indidura.*

Derecha: afloramiento de arenisca intercalada con lutitas, color marrón y amarillento al intemperismo. Se observaron fragmentos de fósiles de tipo Inoceramus sp. fósil índice para esta formación.

Esta unidad en general, consiste en una secuencia rítmica de lutitas-limolitas y calizas arcillosas, que se encuentran dispuestas en estratos de espesor delgado a medio (con una tendencia a formar lajas), presentan algunas intercalaciones con areniscas.

Dentro de las coloraciones de la unidad calcárea, se presenta un gris claro a oscuro, y un gris a pardo en la lutita, con tonalidades rojizo-amarillento en superficies meteorizadas.

Las capas de caliza varían de gruesas en la base y hacia la cima se constituye una secuencia rítmica de capas de caliza y arcillas con horizontes terrígenos y materiales probablemente volcanoclásticos de color café, gris claro, blanco, amarillo y rojo con abundantes *Inoceramus* sp.

En cuanto a su contenido paleontológico, se describe la presencia de equinoideos, pelecípodos y cefalópodos. Desde la descripción de Imlay (1938), se reporta la presencia de *Inoceramus labiatus*. Se han encontrado fósiles principalmente en la unidad inferior, representados por moldes externos de bivalvos en capas de caliza gris oscura, también se identificaron foraminíferos de las especies: *Gümbelina* sp., *Globigerina* sp., *Glogorotalia* sp., *Globotruncana* sp., (Rogers et al., 1957).

El espesor de la unidad es variable, con rangos que van desde los 13 m hasta más de 2500 m (PEMEX, 1988b). En la región de Concepción del Oro, Zacatecas (zona cercana a donde se exploró) Rogers et al., (1957) midieron en esta unidad espesores de 180 m.

En cuanto al ambiente de depósito, la formación presenta depósitos de aguas someras, como lo indica la gran cantidad de lutita negra, la presencia de yeso y limolita en el miembro basal. La presencia de clásticos finos, caliza y caliza arcillosa indican que se depositó en aguas lodosas de profundidad moderada. En la parte inferior de la Formación Indidura se interpreta un medio batial a sublitoral de cuenca, con depósito de caliza y materiales terrígenos bajo condiciones reductoras (Imlay, 1938; Tardy et al., 1974; PEMEX, 1988b; Barboza-Gudiño et al., 2004).

4.3.9 Fm Caracol (Kcoss Ar – Lu). Cretácico Tardío – Coniaciano – Maastrichtiano

En esta formación se tomaron 3 datos estructurales. Consiste en una serie intercalada de lutitas con areniscas, color amarillo-ocre y rojiza al intemperismo. En la parte inferior se encuentra en contacto transicional con la Fm Indidura, mientras que por su parte superior, no se encontró a la Lutita Parras, pues permanece cubierta por aluvión-coluvión o por

conglomerados Terciarios. Existe un buen material con restos fósiles: bioturbación, y se encontró fauna del tipo *Inoceramus* (Figura #19).



Figura #19. Detalle del afloramiento de lutitas intercaladas con areniscas, color marrón y amarillento-ocre al intemperismo, con espesores variables entre laminaciones (0.5 cm) y estratos delgados (2cm).

Esta unidad consiste principalmente de una alternancia de lutitas y capas arenosas. Las lutitas son ligeramente calcáreas y de color gris oscuro, que se rompe en fragmentos alargados y angulosos característicos.

Se describen una serie de capas duras que inicialmente fueron descritas por Imlay (1938) como tobas, sin embargo, un examen petrográfico de las muestras en Concepción del Oro, indica que las rocas son areniscas arcósicas, calcáreas, que por su composición se aproximan a grauvaca: se componen de granos angulosos y redondeados de cuarzo y feldespato en una matriz carbonatada (Rogers *et al.*, 1957).

La Formación Caracol describe una estratificación que cambia de delgada a mediana, donde, la arenisca varía de grano fino a medio con matriz calcárea y de color café oscuro, mientras que las lutitas varían a arenosas (*Enciso de La Vega, 1963*).

En cuanto al contenido paleontológico, en la Formación se reporta *Inoceramus dubarginensis*, *Rotalipora cushmani*, *R. appeninica*, *Globotruncana helvetica*, *G. sigali*, *G. fornicata*, *G. stephani*, *G. lapparenti*, *G. ventricosa*, *G. elevata*, *G. arca*, *G. calciformis*, *G. rosetta*, *Rugoglobigerina cirrumnodifer*, *R. rugosa* y *Hedbergella* sp., (*PEMEX, 1988b*).

Su espesor es irregular reportándose rangos de 200 m a 1000 m.

Durante el Cretácico Superior en el centro de México, particularmente en la Cuenca de Parras, existió una masa continental levantándose, que originó la gran cantidad de sedimentos de grano grueso. Estas unidades representan un flysch progresivo que evolucionó como relleno en zonas de antefosa, asociadas probablemente a frentes deltáicos y prodelta, en facies que varían de plataforma a plataforma externa en el dominio de post-arco (*PEMEX, 1988b*). Por su litología y rasgos sedimentológicos, las rocas de la Formación Caracol se depositaron en una cuenca poco profunda, con libre circulación y parcial influencia del oleaje, dentro de una zona sublitoral entre 50 y 100 m de profundidad (*Barboza-Gudiño et al., 2004*).

4.3.10 Fm Parras (Lut Parras) - Cretácico Tardío – Coniaciano – Campaniano.

De acuerdo con la descripción de Imlay (1938) y de los diversos estudios posteriores, esta unidad consiste de lutitas calcáreas fisiles y/o con estratificación laminar, de coloración gris oscura a negra; se haya intercalada con capas delgadas de arenisca calcárea de grano fino color amarillo.

Se ha reportado una gran variación en los espesores de esta formación, que van desde 300 hasta 650 m. Para el área de estudio considerada, se han reportado espesores en el área desde Concepción del Oro hasta Mazapil de hasta 609 m.

Esta unidad se depositó en un ambiente marino somero, en una zona nerítica con algunas zonas cerradas (bahías), de bajas profundidades y con abundante aportación de sedimentos clásticos finos y calcáreos y con condiciones reductoras (Imlay, 1938; Van Vloten, 1955; Padilla y Sánchez, 1978; -Meneses-Garibay et al., 2004).

Por su parte, otros autores consideran que esta unidad constituye un clásico depósito flysch de anfosa, en un ambiente marino somero con influencia de plataforma externa en facies de prodelta (PEMEX, 1988b; Santamaría-Orozco et al., 1990; Paz-Flores et al., 2005; Santiago-Carrasco, 2007; GYMSA, 2008).

En la unidad se han reportado un contenido paleontológico compuesto tanto por micro como por microfósiles; estos últimos representados por gasterópodos, bivalvos de la especie *Inoceramus sp.* Dentro de los microfósiles se encuentran foraminíferos planctónicos como las especies *Globotruncana fornicata*, *Rugoglobigerina sp.*, y géneros de foraminíferos bentónicos representados por *Bulimina* y *Virgulina*, y algunas calciesferas (Imlay, 1938; Tardy et al., 1972; McBride et al., 1974; Padilla y Sánchez, 1978; PEMEX, 1988b; Santamaría-Orozco et al., 1990) (Figura #22 y 23).

4.3.11 Muestreo de sedimentos de arroyo activo

Dentro del programa de muestreo de sedimentos de arroyo activo se recolectaron 21 muestras en la parte noreste de la carta La Hediondilla en un área de aproximadamente a 100 km². Todas las muestras colectadas, provienen de una serie de sedimentos de tamaños desde limos finos-arcillas de color castaño con la presencia de clastos de gravas, arenas y canatos rodados, hasta algunos bloques (Figura #20). En cuanto a la composición de los sedimentos, se encontró una serie de fragmentos de líticos (areniscas, lutitas, limolitas), así como clastos de pedernal, calizas-margas-dolomías (calcita-dolomita), óxidos de Fe-Mg-Mn; excepcionalmente, se encontraron fragmentos de cuarzo.



Figura #20. Conjunto de afloramientos en donde se pueden observar algunos de los puntos de muestreo de sedimento de arroyo activo. En las imágenes se aprecian diferentes puntos de control de dicho muestreo geoquímico, donde los datos recabados fueron ingresados directamente al Mapamovil del SGM. La mayoría de las veces se describían sedimentos de coluvión y de aluvión.

4.2.11 Tabla de los datos del mapeo realizado en campo.

PUNTO	X	Y	Z	Datos Estructurales	OBSERVACIONES
LH-C-014	321747	2760317	2000	N54°W, 72°NE	Fm Zuloaga
LH-C-013	322554	2759529	1948	N30°W, 62°NE	Fm Zuloaga
LH-059	322653	2759609	1943	-	Muestra de Arroyo
LH-055	320382	2764079	2021	-	Muestra de Arroyo
LH-C-012	320991	2762049	2059	N50°W, 48°NE	Fm Taraises
LH-020	306969	2764178	2173	-	Muestra de Arroyo
LH-022	307545	2765389	2162	-	Muestra de Arroyo
LH-021	307516	2762976	2200	-	Muestra de Arroyo
LH-018	306249	2763194	2183	-	Muestra de Arroyo
LH-039	315624	2761348	2089	-	Muestra de Arroyo
LH-C-011	314324	2762598	2011	N35°W, 65°NE	Fm Caracol
LH-038	314159	2762732	2101	-	Muestra de Arroyo
LH-036	314967	2762010	2070	-	Muestra de Arroyo
LH-035	313555	2763719	2648	-	Muestra de Arroyo
LH-037	314391	2764529	2657	-	Muestra de Arroyo
LH-033	313489	2764438	2656	-	Muestra de Arroyo
LH-048	318324	2763001	2659	-	Muestra de Arroyo
LH-045	317713	2763509	2687	-	Muestra de Arroyo
LH-051	319252	2762601	2618	-	Muestra de Arroyo
LH-057	321541	2763183	2520	-	Muestra de Arroyo
LH-F-01	291283	2773881	2508	N68°W, 86°NE	Fm Indidura
LH-F-02	291668	2771864	2460	N72°W, 78°NE	Fm La Caja
LH-F-03	291665	2771860	2461	N70°W, 75°NE	Fm La Caja
LH-F-04	291283	2771867	2464	-	Fm Zuloaga
LH-F-05	291324	2771619	2452	N83°W, 54°NE	Fm Zuloaga
LH-C-010	321287	2762513	2477	N62°W, 65°SW	Fm Cuesta del Cura
LH-C-09	322222	2762590	2452	N45°W, 75°SW	Fm Caracol
LH-C-08	317930	2765640	2724	N60°W, 50°SW	Fm Cuesta del Cura
LH-C-07	315900	2766180	2701	N60°W, 60°SW	Fm Cupido
LH-C-06	315895	2766166	2674	N60°W, 43°SW	Fm Taraises
LH-C-05	316034	2766496	2710	N72°W, 45°SW	Fm Cuesta del Cura
LH-C-04	323299	2760652	2039	N45°W, 50°SW	Fm Indidura
LH-C-03	323420	2760855	2008	N62°W, 75°SW	Fm Caracol
LH-C-02	325450	2758935	1933	N15°W, 65°SW	Fm Cuesta del Cura
LH-C-01	325599	2757881	1867	N15°W, 75°SW	Fm Cuesta del Cura
LH-047	317722	2766083	2643	-	Muestra de Arroyo
LH-049	318490	2765901	2622	-	Muestra de Arroyo
LP-01	318936	2765592	2632	-	Veta de Qtz-Calcita
LH-040	315895	2766166	2674	-	Muestra de Arroyo
LH-062	323423	2760854	2001	-	Muestra de Arroyo
LH-068	325451	2758938	1913	-	Muestra de Arroyo
LH-069	325699	2757946	1755	-	Muestra de Arroyo

4.4 La incertidumbre entre la Exploración Geológico - Minera y la búsqueda de posibles Yacimientos Minerales

- Dentro de los objetivos primordiales del trabajo de campo en la exploración geológico-minera, cabe destacar la importancia de la búsqueda de depósitos minerales y su posible potencial de encontrar un yacimiento mineral.
- Por ello, en dichas actividades exploratorias, se nos asignó a los integrantes de la brigada, la tarea de la búsqueda de los posibles prospectos y su posterior localización.
- Se nos dio la tarea de mapear aproximadamente 108 km² de la zona noreste de la carta la Hediondilla, con el fin de localizar alguna manifestación mineral.
- Las actividades de muestreo, nos llevaron a considerar una zona con un potencial aparente, debido al alojamiento de la zona mineralizada con respecto a la superficie encajonante.
- Se tuvo la certeza de haber realizado el hallazgo de una estructura mineralizada. Esta se presentaba, estructuralmente hablando, en forma de una vetas de aproximadamente 40 cm de espesor, aunque con intervalos variantes.
- En dicha estructura mineralizada, destacaba mineralización muy rica en Calcita y otros carbonatos asociados a la carbonatización; además se tuvo la oportunidad de localizar una „*silica cap*’ (estructura estratiforme enriquecida de sílice amorfo), con una alta concentración de ópalo, calcedonia y cuarzo recristalizado. Estos últimos llegaron a desarrollar cristales euedrales, alojando en sus estructuras internas algunas inclusiones de sulfuros.

- Dentro de esas inclusiones, se identificó una serie de minerales del grupo de los sulfuros, tales como pirita, calcopirita, argentita, entre otros, los cuales son de gran interés para la posterior explotación y beneficio de ésta zona que comienza a explorarse.
- Dicha estructura mineralizada se aloja en la Fm. Caracol; la cual fue localizada en las inmediaciones más altas de un lomerío que corresponde a la zona serrana de la Sierra del Jabalí (Figura #21).



Figura #21. Detalle de las estructuras mineralizadas encontradas en el área, con forma de Vetas: se encontró una mineralización rica en Calcita y carbonatos, además de que se localizó una silica cap con Cuarzo recristalizado (cristales euedrales) en las inmediaciones de un lomerío de una propiedad ejidal. La roca encajonante pertenece a la Formación Caracol.

4.5 Columna Estratigráfica propuesta de acuerdo a la zona de estudio

Con base en los datos recabados y la investigación desarrollada con anterioridad, durante y después del trabajo de gabinete, me di a la tarea de construir una columna estratigráfica de la zona, a partir de la distribución espacial de las Formaciones en la secuencia visitada de la carta La Hediondilla. A partir de los trabajos realizados, comparé la columna estratigráfica propuesta para el Estado de Coahuila (Figura #22) con los datos recabados en campo y desarrollé una interpretación propia (Figura #23) que a continuación presento:

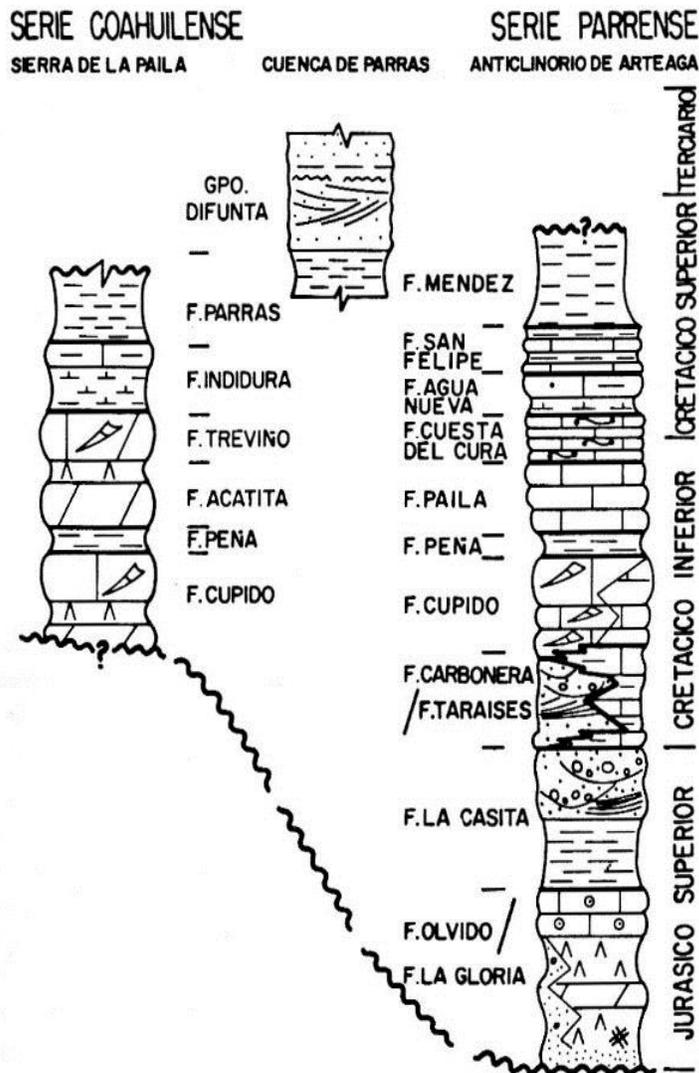


Figura #22. Columna estratigráfica propuesta para la zona de estudio. Se ejemplifican un par de series sedimentarias: la Serie Coahuilense, que representa la columna estratigráfica de la Sierra de la Paila, secuencia tipo del Sureste. Y la Serie Parrense, que representa la columna estratigráfica del Anticlinorio de Arteaga, secuencia tipo para la zona Suroeste del Estado. En ambas Series se aprecia la distribución espacial de las diferentes unidades litológicas; nótese que algunas de las litologías aquí representadas, también son descritas en la zona de estudio, por lo que éstas serán descritas y graficadas al término de la columna estratigráfica de la carta La Hediondilla.

Tomado de: *Monografía del Estado de Coahuila.*

**COLUMNA ESTRATIGRÁFICA
CARTA LA HEDIONDILLA G14-C54
ESCALA 1:50,000**

SIMBOLOGÍA

CUATERNARIO

- Qho la Lacustre
- Qho al Aluvión

TERCIARIO

- Tn Cgp Conglomerado Polimítico

CRETÁCICO

- Kcm Lu-Ar Lutita-Arenisca Fm. Parras
- Kcoss Ar-Lu Arenisca-Lutita Fm. Caracol
- Kcet Cz-Lu Caliza-Lutita Fm. Indidura
- Kace Cz-Lu Caliza-Lutita Cuesta del Cura
- Ka Cz-Do Caliza-Dolomia Fm. Aurora
- Kap Cz-Lu Caliza-Lutita La Peña
- Khap Cz Caliza Fm. Cupido
- Kbeh Cz-Lu Caliza-Lutita Fm. Teraises

JURÁSICO

- JkKbe Lu-Lm Lutita-Limolita Fm. La Caja
- Jo Cz Caliza Fm. Zuloaga

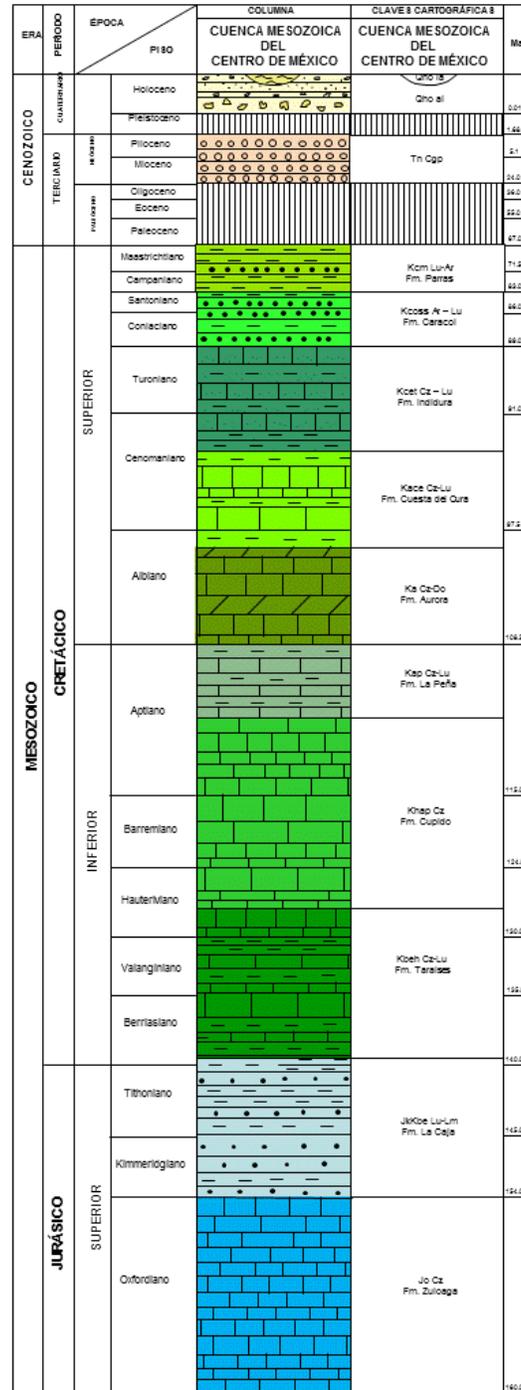


Figura #23. Columna Estratigráfica propuesta a partir de la distribución espacial de las Formaciones en la secuencia visitada de la carta La Hediondilla

4.6 Imágenes Epipolares - Satelitales

La IMAGEN SATELITAL mostrada a continuación, representa la interpretación de la imagen epipolar levantada para la zona de estudio de la Carta La Hediondilla (G14-C54, 1:50 000). La finalidad de implementar un estudio previo con este tipo de imágenes es localizar las estructuras en el relieve y facilitar la labor de la cartografía, pues se trata de hallar los contactos litológicos de cada formación, con lo cual se integra un mapa geológico preliminar (Figura #24). Durante la interpretación de la imagen epipolar, se localizaron nueve diferentes estructuras que se describieron como formaciones; las cuales se distinguieron por sus diferencias estructurales y en el relieve. Las nueve unidades localizadas antes de salir a realizar el trabajo de exploración, fueron las siguientes formaciones: Taraises, Cupido, Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Indidura, Caracol, Parras, y la zona de depósitos no consolidados (lacustres y aluvión).

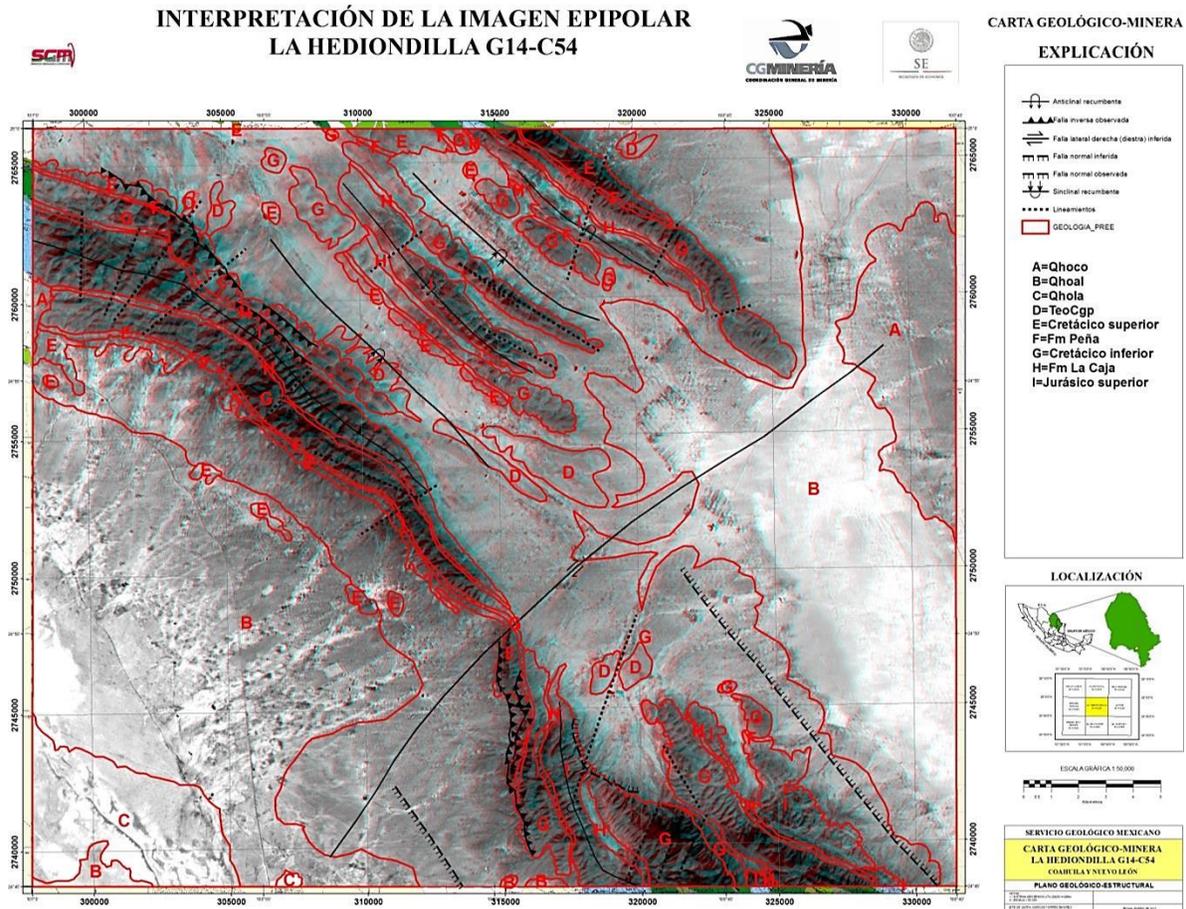


Figura #24. Interpretación de la Imagen Epipolar La Hediondilla G14 C54, 1:50 000. Las líneas en rojo representan los contactos litológicos observados a partir de la imagen satelital obtenida por percepción remota. Nótese el avance que provee dicha herramienta como apoyo al salir a campo.

4.7 Plano de los Yacimientos Minerales

En cuanto a los yacimientos minerales, en el área de exploración se tienen catalogados diferentes prospectos explorados con anterioridad. Algunas zonas que desarrollaron obras mineras en menor o mayor grado, así como de Concesiones Mineras que han sido canceladas o continúan vigentes, pero sin desarrollar dicha actividad de explotación y/o beneficio.

En la zona de estudio, se tienen inventariados catas y depósitos minerales, con un alto potencial en Fosforita; en la actualidad algunos de éstos forman parte de yacimientos no explotables. Sin embargo, existen zonas con anomalías documentadas, que son buenos indicadores a considerar en cuanto a su potencial minero, ya que en la periferia a nuestra zona de exploración, se han encontrado grandes yacimientos de minerales metálicos y el posterior desarrollo de una obra minera (Figura #25).

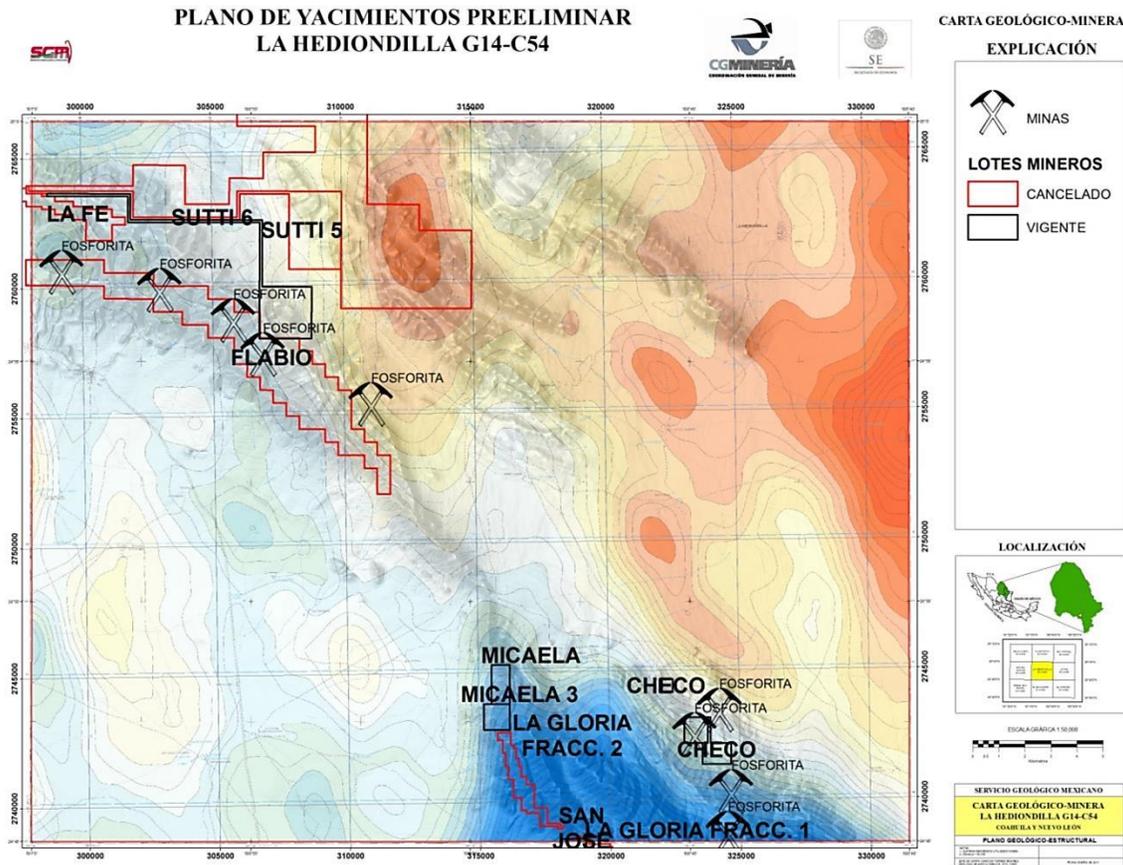


Figura #25. Mapa que representa los yacimientos y lotes mineros registrados en la zona.

4.8 Interpretación Estructural y Litoestratigráfica del área de la carta La Hediondilla

En la zona de la carta que pude mapear, me di cuenta de la distribución espacial de las estructuras mayores del relieve por el cual caminaba; por ello, describo las estructuras más significativas encontradas en campo, y que han sido descritas con anterioridad en este trabajo, exceptuando las formaciones registradas, pues considero que se ha versado suficiente sobre ellas:

- ✓ Con base en el mapa elaborado por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), y en conjunto con los datos tomados en campo, pude realizar una observación muy marcada y que no se encuentra registrada. En la porción central de la carta se observa un comportamiento de cizallamiento regional, el cual al ser estudiado con detalle, se puede percatar de que existe una zona de inestabilidad tectónica.
- ✓ Dicha zona de inestabilidad, presenta un par de bloques tectónicos que ha sufrido un esfuerzo compresivo de tal manera que se ha formado una estructura tectónica muy particular; delimitado con una línea color azul (Figura #26), se puede observar que el comportamiento estructural sigue un mismo patrón, así como una dirección preferencial hacia el NE.
- ✓ Con lo anterior, se puede proponer que esta estructura mayor se presenta en el relieve debido a las fuerzas compresivas que tuvieron origen en esta región durante el desarrollo de la orogenia Laramide, principalmente al noreste de nuestro país.
- ✓ Se ha interpretado que dicha zona sufrió una mayor deformación, pues al percatarse de la geomorfología del área, se concluyó que constituye al bloque tectónico que empuja (con respecto al otro bloque que solo se deforma) y que ejerce una menor resistencia cuando es sometido a tal magnitud de deformación.

- ✓ Por otra parte, la serie de pliegues encontrados en campo demuestra la magnitud de los esfuerzos sufridos en la zona de Coahuila – Nuevo León: se tienen registrados anticlinales y sinclinales recumbentes, y algunos de ellos se encuentran recostados.
- ✓ En la carta, es posible observar el comportamiento direccional de los esfuerzos preferenciales, pues continúan con el mismo patrón que sigue el conjunto de esfuerzos regionales.
- ✓ Existe una misma dirección de desplazamiento en las cabalgaduras (NE 40-50°) y que demuestran conservar el mismo patrón en la zona del bloque de empuje (izquierdo); mientras que en el bloque de deformación (derecho) se observa que el patrón rota o migra con respecto a la dirección de deformación.
- ✓ Con respecto a las formaciones mapeadas que fueron encontradas, se efectuó el análisis correspondiente con base a los proyectos exploratorios anteriores desarrollados, colindantes a nuestra zona.
- ✓ Al realizar la interpretación de los contactos litológicos correspondientes a cada formación y su posterior trazado en la carta, me encontré con la necesidad de visualizar e inferir el posible contacto adyacente al área, pues al darle seguimiento a través de la superficie, me apoyé en la disposición de las capas subyacentes y tomé en consideración la regla de las V's y la relación de las isohipsas, con respecto a la distribución espacial de cada una de dichas formaciones (Figura #27).
- ✓ En lo referente al mapeo desarrollado en campo, en los puntos donde se colectaron datos estructurales y/o puntos de control se prosiguió al marcado espacial de las unidades, pues sirvieron para elaborar el mapa que yo mismo generé debido a temas de confidencialidad por parte del SGM (más abajo presentado). Considero que con ello se tomó una mejor decisión en relación a los espesores correspondientes.

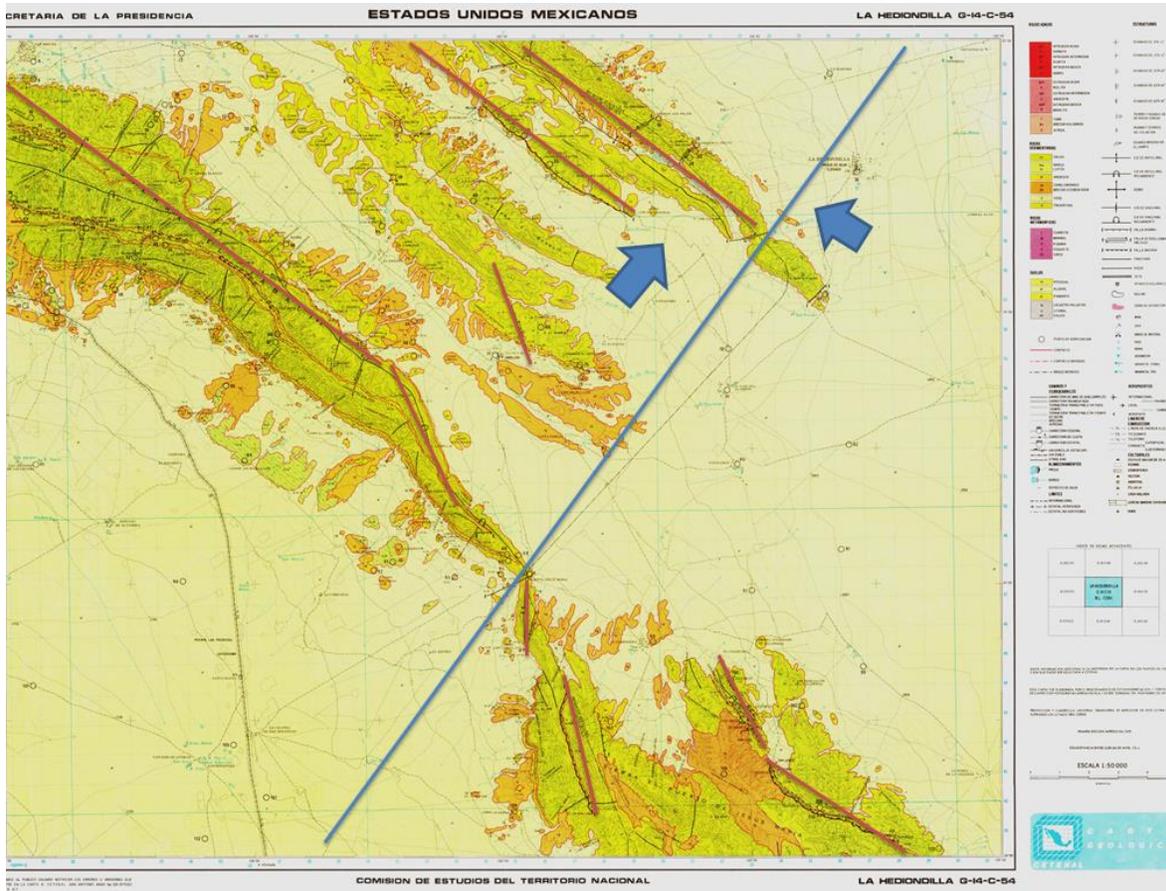


Figura #26. Interpretación estructural de la zona de estudio. La línea en color azul ejemplifica la zona de debilidad estructural que es representada por una falla lateral derecha con límites estructurales (tectónicos) bien definidos al noreste de la carta. Las flechas color azul simbolizan la dirección del movimiento del desplazamiento para cada uno de los bloques tectónicos (horst y graben); se demuestra que la intensidad de la deformación registrada en el área al sur de la Curvatura de Monterrey es similar, por lo que a lo largo de toda la Cuenca Mesozoica de México se tiene un grado de deformación similar. Las líneas en color rojo señalan los ejes de charnela de cada uno de los flancos de anticlinales y/o sinclinales observados en campo, haciéndose notar una notoria diferencia en la dirección preferencial entre ellos: se observan dos grupos de sistema de anticlinales-sinclinales, el primero que se dirige hacia el noreste-suroeste y el otro grupo hacia el norte-sur.

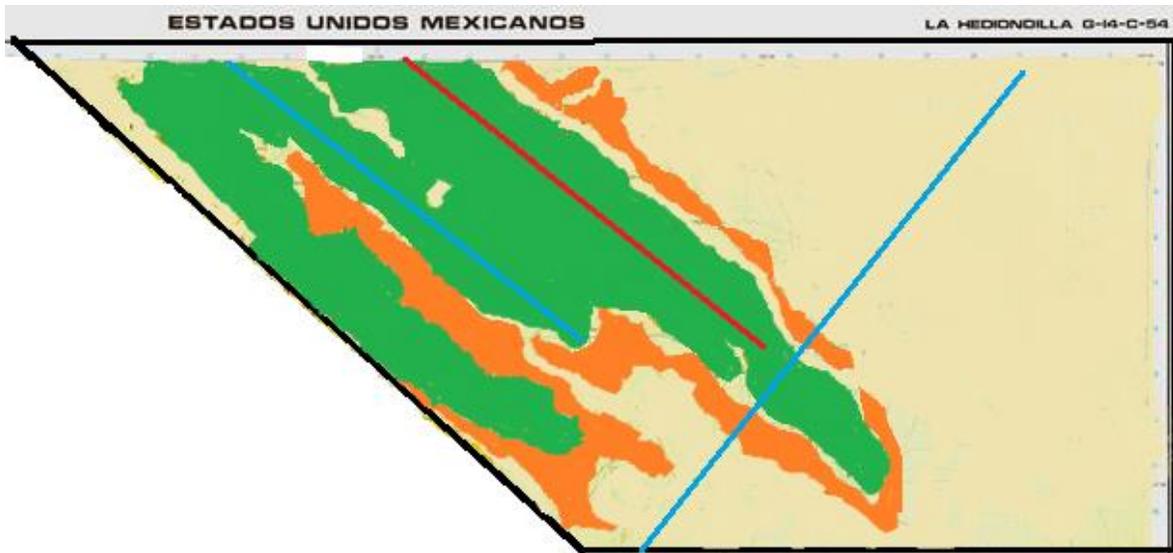


Figura #27. Interpretación litoestratigráfica de la zona de estudio (plano preliminar representando los contactos litológicos). Para fines ilustrativos, realicé el trazado de los límites estructurales de un fragmento de la carta, siguiendo la metodología aprendida en gabinete y en la academia, con base en la carta topográfica y geológica del INEGI.

El mapa visto de planta, representa de manera espacial la distribución geométrica de la secuencia sedimentaria y/o Formaciones, que presentan un patrón marcado.

Dentro de la zona que levanté, clasifiqué con color verde a las Formaciones de la Cuenca Mesozoica de México, que corresponden a una secuencia calcáreo-terrágena; de color anaranjado se observa la distribución espacial de la secuencia de conglomerados que rodean a la misma secuencia sedimentaria de origen marino: se observa que en algunas zonas se adelgaza el espesor de dichos afloramientos y en otras desaparecen, por lo que se interpreta que dicho cuerpo sufre un acuñamiento. Posteriormente se aprecia toda una secuencia de depósitos de sedimentos lacustres y aluviales (aluvión-coluvión) que rellenan las partes bajas del relieve: valles, llanuras, depresiones.

La línea en color azul oscuro ejemplifica la zona de debilidad estructural, representada por una falla lateral derecha. Las líneas en color rojo y azul cielo señalan los ejes de charnela de cada uno de los flancos de los dos anticlinales observados en campo,

5. Conclusiones

- Con respecto al desarrollo del presente informe de actividades profesionales, pude conceptualizar las responsabilidades realizadas en cuanto a mi futuro profesional en el ámbito ingenieril.

Dichas actividades que fueron desempeñadas durante el desarrollo de mis prácticas profesionales, me proveyeron de una mayor capacidad en la toma de decisiones en cuestiones relacionadas a la ciencias geológicas y la ingeniería aplicada, que servirán más adelante para generar información dentro de una misma línea de interés y, que tendrá que ser pública y común para todos los habitantes de la nación.

- Dentro del Proyecto de Actualización Informativa para el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en conjunto con la Dirección General de Minería (DGM), generé una gran gama de información.

Información que no había sido recapitulada ni mencionada en documento alguno; por lo que considero que tuvo un objetivo sólido y una alta funcionalidad, pues existe como prioridad principal informar a la población sobre temas que tienen que ver con la minería en general ya que es una actividad que genera un gran ingreso para nuestro pueblo y todos tenemos derecho al acceso a esta información.

- Como parte del Proyecto de Actualización Informativa, tuve en mis responsabilidades el validar cuestiones técnicas, administrativas, de control, entre otras, lo que contribuyó a mi formación como ingeniero, pues integra múltiples actividades de diferentes áreas.

Esta experiencia servirá para poder desarrollarme con mayor eficacia como profesional, sin la necesidad posterior de acudir a seminarios y/o cursos que fomenten en mí esa actitud intrínseca por generar y aportar conocimiento.

Dentro del Proyecto 4531 para la Gerencia de Cartografía de la Gerencia Regional Centro en San Luis Potosí, del SGM, tuve el privilegio de participar en una rama de la geología que tanto me apasiona, que es el de la exploración geológica.

- En la realización de dicho Proyecto de Cartografía, tuve que desarrollar diferentes habilidades para fomentar el desarrollo de mis capacidades personales y académicas con la finalidad de cumplir con el trabajo que se me asignó durante la realización de dichas labores.
- Dentro del panorama técnico (conceptos y tecnicismos), dentro del proyecto tuve la necesidad de aplicarlos y así desarrollar decisiones que ampliaron en mí una serie de nuevos conocimientos, que me fueron fomentados anteriormente en la Universidad.
- Por otra parte, al desenvolverme en este proyecto se me dejó participar en la parte administrativa y de contabilidad, llámese personal, grupal y/o del mismo SGM; en dichas actividades (de las cuales tenía poco conocimiento con anterioridad), me desarrollé de tal manera que influyó en mis decisiones en múltiples ocasiones en las labores de campo, cuestiones como la facturación, contabilidad, logística, entre otras.
- Al elaborar una serie de nuevos registros cartográficos digitales de índole minera, se me capacitó en cuestiones de Software, pues considero que en mi formación universitaria me fue algo escasa, y así también pude reforzar mis conocimientos en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG"s).

Con el fin de crear la información pertinente de las zonas mineras, tomé una serie de seminarios y/o cursos que me facilitaron tareas como diseñar, crear y desarrollar nuevos mapas (croquis) de dichas nuevas zonas que más adelante pudiesen clasificarse en asignaciones, concesiones y/o reservas mineras, que no habían sido registradas hasta el momento. Esto me permitió enriquecer mi aprendizaje como ingeniero geólogo, el SGM fomentó en mí un mayor cultivo de conocimientos y conceptos mediante mi asistencia a una serie de cursos multidisciplinarios. Dichos

cursos y/o seminarios que se me fueron impartidos en las diferentes instalaciones del SGM, llámese salas de juntas, auditorios, salas de videoconferencias, entre otras, crearon en mí una nueva forma de visualizar dicha formación profesional, pues algunos de los mismos se me impartieron de manera presencial y otros a distancia, es decir, impartidos en las diferentes sedes en el interior del país, en las Gerencias Regionales.

- El elaborar la actualización de las bases de datos de cada uno de los diferentes registros cartográficos, fomentó en mí la capacidad de elegir entre un método, informe o documento con respecto a otro, pues se me pidió sobreponer el conjunto de los nuevos datos que iba generando y que al finalizar formarían parte del acervo de la Dirección General de Minería.
- Cuando se me asignó la tarea de desarrollar una serie de expedientes que contenían toda la información y los datos recabados durante la realización de los diferentes análisis y estudios geológicos de cada una de las Asignaciones y/o Concesiones Mineras comencé a desarrollar esa capacidad de discernir entre un trabajo real y uno escolar, pues en esta ocasión no se me asignaría una calificación, sino un mal desempeño en mis actividades o inclusive mi despido del SGM.
- Al generar expedientes que se tenían para licitar durante los últimos meses del año anterior, realicé el sesgo de los concursos licitados con anterioridad con el fin de informar a la población de la existencia de dichos lotes y los que no habían sido adquiridos con antelación. Me percaté de que dichos lotes que forman parte del sesgo tienen algunos problemas pues al no ser adquiridos por pequeñas o grandes empresas mineras, poseen inconvenientes en diversos temas como de logística, inversión, información y viabilidad en las operaciones mineras.
- Entre las actividades que para mí fueron de mayor agrado al desempeñar, se encuentran la de catalogar y revisar los informes técnicos - geológicos, pues dentro

del mi perfil ingenieril es el área que más he fortalecido a lo largo de mis años de estudiante.

- Al inspeccionar los diferentes planos geodésicos, informes geológicos-mineros e informes geofísicos, me percaté que en múltiples ocasiones son presentados a la Subdirección del Registro Público de Minería de la misma Dirección General de Minería, con algunos errores en la sintaxis, en la redacción o incluso en términos técnicos, que no pueden dejar pasar, pues al ser el órgano que regula toda esa información no puede dejarlo de largo.
- Al analizar la relación que tiene la última reforma de la Ley Minera y del Reglamento de la Ley Minera con respecto a las actividades desarrolladas dentro del Proyecto de Actualización Informativa, me di cuenta del papel que la Coordinación General de Minería desempeña en cuestiones legales, pues a pesar de que como ingenieros geólogos no profundizamos mucho en temas relacionados, nos es de gran utilidad en cuestiones que pocas veces consideramos de interés, como son la normatividad y los espacios técnicos que los ingenieros deberíamos de redactar para un mejor funcionamiento y aplicación de dichas leyes.
- Al complementar la Ley Minera y su respectivo Reglamento con la búsqueda de mayor información que pudiese ser requerida en cada uno de los artículos descritos, se me presentó que para dicho trabajo tenía que recapitular y compilar datos y documentos de diferentes áreas del conocimiento, pues cuestiones legales mineras como éstas se deben de tratar con diversos especialistas para que se tenga una mejor eficacia y menor ambigüedad en la aplicación de la misma. Un aspecto que me pareció muy importante en la presente reforma de la Ley, es que se toma en cuenta un rubro que en el pasado se había descuidado demasiado, que es la parte de seguridad humana y social, las cuestiones ecológicas y la parte ambiental que forman parte importante en nuestros quehaceres como ingenieros, como humanos y como

sociedad responsable con nuestra madre Tierra; además, de que fluctúan como debates tanto para la parte social como para la empresarial.

- Una vez adscrito en la Gerencia Regional Centro del mismo SGM, con sede en la ciudad de San Luis Potosí, desarrollé una serie de actividades que debía realizar dentro de la Gerencia de Cartografía, específicamente formando parte de un grupo de profesionistas relacionados con las Ciencias de la Tierra y la ingeniería, dentro de la subgerencia de Exploración Geológico-Minera, además de que me tocó aprender muchas cuestiones teóricas y otras más prácticas dentro de estas oficinas.
- Entre las actividades desarrolladas para el Proyecto 4531 de Exploración Geológico-minera, se me encomendó realizar la toma sistemática del muestreo de roca de los diversos afloramientos donde se localizan las formaciones registradas con anterioridad, así como los contactos litológicos. También, se me ordenó realizar el muestreo geoquímico pertinente de sedimento de arroyo activo, para generar un compartimiento gráfico y/o estadístico; además, con dicho muestreo sedimentológico se pretende generar un análisis paramétrico detallando el rango mineralógico con la finalidad de crear un perfil económico – financiero para una posible instalación y desarrollo de alguna operación minera efectuada por una empresa de giro minero.
- Otra actividad, fue el crear un álbum fotográfico de los diferentes afloramientos y paisajes que representen la variedad de las formaciones encontradas, registradas y descritas en la zona de estudio, el cual es requerido para hacer el levantamiento y construcción del mapa geológico-minero de la misma carta La Hediondilla, que es la razón de ser del mismo proyecto.
- Por otra parte, al informar a la población de las comunidades aledañas, sobre las actividades que llevamos a cabo en sus territorios por parte del SGM, como son la exploración y el mapeo, se crea un panorama amigable y de cooperación entre

ambas partes, evitando así confrontaciones posteriores y malos entendidos con los habitantes y ejidatarios.

- En cuanto al aprendizaje que fui adquiriendo durante mis actividades en campo, se me han fomentado nuevas aptitudes profesionales, tales como el uso del Sistema de Información Geográfica *Mapamóvil*, que es una herramienta que facilita la utilización de los datos recopilados en campo y muy práctico para llevar a cualquier sitio.
- También, se me instruyó en la toma de datos estructurales de diversos afloramientos representativos de cada formación documentada, además de cómo plasmarlos en una carta topográfica (de INEGI), y cuestiones más gráficas como el trazo y marcado de los rumbos y buzamientos de las estructuras geológicas en tiempo real (tres dimensiones) encontradas en campo y llevadas a la carta en dos dimensiones.
- Durante la toma del muestreo Geoquímico de Sedimento de Arroyo Activo se me capacitó y preparó para efectuarlo de la mejor manera pertinente. Concluyendo, diría que tuve la noción suficiente sobre ese panorama de exploración como para asistir cotidianamente a levantar dichas muestras sistemáticas, y en ocasiones de manera individual hasta el punto que marcaban dichas coordenadas. Referido a dicho muestreo, se me proveyó de las metodologías necesarias que el SGM emplea para cartografiar y sus procedimientos a seguir como normas de calidad y detalles en el muestreo; con base en dicha metodología pude interpretar un fragmento de la carta (parte noreste de la Carta) en cuanto a formaciones se refiere y sus respectivos los contactos litológicos.
- Por otra parte, pude conocer todo lo referente a los trámites, contabilidad y administrativo, que realiza un ingeniero geólogo durante los trabajos de campo dentro del mismo SGM; si nos referimos a lo anterior como geología social, ésta disciplina abarca desde la versatilidad en el desarrollo de las actividades realizadas en conjunto con la gente de los ejidos y/o comunidades, y toda la logística que se maneja en el

SGM (personal, equipamiento, vehículos), concluiría que es un trabajo arduo en toda su expresión, pues se necesita de varios factores sociales pocas veces vistos.

- Una de las estrategias para la aplicación de los conocimientos adquiridos previamente en la Facultad radica en la intuición misma, y en otras ocasiones en la capacidad de decisión sobre algún área de conocimiento y/o en la rapidez que se le da a una respuesta acertada o consultada en la bibliografía para la resolución de algún problema o cuestionamiento encontrado en una tarea asignada.
- De entre las formaciones que me tocó cartografiar y levantar en campo, sin duda alguna la que más significancia tuvo para el presente trabajo fue Fm. La Caja, pues además de contener el principal interés económico en la secuencia (depósitos de fosforita), son un excelente indicador en el cambio de facies de entre secuencias; aunado a que además se han encontrado excelentes vestigios fosilíferos en ella, y que provee ser un ejemplo claro para representar faunísticamente a la cuenca Mesozoica de México.
- Como pasante de ingeniería tuve la oportunidad de percibir el respeto de un ingeniero a otro profesionalista y viceversa, ampliando mi espectro de relaciones humanas. En cuanto a la ética como ingeniero geólogo, tuve la oportunidad de aprender algunos cuestionamientos que anteriormente no los tomaba en cuenta, y reforzar algunos otros que considero me servirán en la posteridad.
- Sólo me queda por escribir lo bueno que fue ésta experiencia laboral (especialmente en campo), pues me motiva saber que en la vida profesional se debe de saber muchas cosas además de los tecnicismos que manejan los profesionalistas en Ciencias de la Tierra; y dar las gracias por todas las facilidades que se me brindaron al Servicio Geológico Mexicano, a la Coordinación General de Minería y a la Universidad Nacional Autónoma de México.

5.1 Referencias Bibliográficas

- Barnes, H.L., (1983). *Ore deposition in Mississippi Valley deposits*. Kisvarsanyi, G., Grant, S.K., Pratt, W.P., Koenig, J.W. (eds.), International Conference on MVT lead-zinc deposits. University of Missouri-Rolla, p. 77-85.
- Canet M. C. y Camprubi i C. A., (2006). *Yacimientos Minerales: los tesoros de la tierra*. Fondo de Cultura Económica.
- Castillo-Gómez, J. y Herrera-Herbert, J. (2013). *El proceso de exploración minera mediante sondeos*.
- Charleston, S., (1973). *Stratigraphy, tectonics and hydrocarbon potential of the lower Cretaceous, Coahuila series*. Coahuila México, University of Michigan [Ph. D. Dissertation], p. 268.
- Crescencio C. T., Delgado V. C., et.al. (1984). *Seminario de Yacimientos Minerales*. Tesis Profesional. IPN-Ciencias de la Tierra.
- Floody, R., y Cuadra P. (2013). *Trabajo geológico de exploración: encontrando un yacimiento*.
- Léxico Estratigráfico de México:
 - ❖ Arvizu-Gutiérrez, I.R., 2006, *Paleomagnetismo de rocas jurásicas y cretácicas del Valle San Marcos, Coahuila, México*: México, D.F., Centro de Geociencias Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 121 p.
 - ❖ Aranda-Gómez, J.J., Torres-Hernández, R., Carrasco-Nuñez, G., Aguilón-Robles, A., 2000, *Contrasting styles of Laramide holding across the west-central margin of the Cretaceous Valles-San Luis Potosí carbonate platform México*: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 17(2), 97-111.
 - ❖ Ángeles-Villeda, M.A., Hinojosa-Espinosa, J.J., López-Oliva, J.G., Valdés-González, A., Livas-Vera, M., 2005, *Estratigrafía y microfacies de la parte sur del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León, México*: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22(2), 272-281.
 - ❖ Bacon, R.W., 1978, *Geology of the northern Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México*: Arlington, Texas, University of Texas, tesis de maestría, 124 p.
 - ❖ Barboza-Gudiño, J.R., Hoppe, M., Gómez-Anguiano, M., Martínez-Macías, P.R., 2004, *Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México*: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(3), 299-319.
 - ❖ Clemons, R.E., McLeroy, D.F., 1962, *Geology of Torreón and Pedricenas Quadrangles, Coahuila and Durango, México*: Albuquerque, New Mexico, U.S.A., The University of New Mexico, tesis de maestría, 171 p.

- ❖ Dávalos-Álvarez, O.G., 2003, *Evaluación de las fallas mayores del Neógeno-Cuaternario en la región de Huimilpan, Querétaro*: San Luis Potosí, S.L.P., México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, tesis profesional, 193 p.
- ❖ Echanove-Echanove, O., 1986, *Geología petrolera de la Cuenca de Burgos (Parte I); Consideraciones Geológico Petroleras*: Boletín de la SGM, 38 (4) 3-39.
- ❖ Enciso de La Vega, S., 1963, Hoja Nazas 13R-k (6), *Resumen de la Geología de la Hoja Nazas, Estado de Durango*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
- ❖ Eguiluz de A. S., 1991, *Discordancia Cenomaniana sobre la Plataforma de Coahuila*: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 41(1), 1-17.
- ❖ Imlay, R.W., 1936, *Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV Geology of the Western part of the Sierra de Parras*: Geological Society of America Bulletin, 47(4), 1091-1152.
- ❖ Imlay, R.W., 1937, *Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico*: Geological Society of America Bulletin, 48(5), 567-630.
- ❖ López-Doncel, R., Hernández-Torres, C. A., 2006, *Estudio petrográfico-microfacial de una secuencia atípica de la Formación Cuesta de Cura en la Cuenca Mesozoica del centro de México*: Geos, 26(1), 137-140.
- ❖ Ledezma-Guerrero, O., 1967, *Hoja Parras 13R-1(6), Resumen de la Geología de la Hoja Parras*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
- ❖ Mitre-Salazar, L.M., 1989, *Secuencias estratigráficas invertidas en el área de la Presa del Junco, Estado de Zacatecas*: Revista del Instituto de Geología, 8(1), 52-57.
- ❖ Montañez-Castro, A., Ramírez-Gutiérrez, J.G., Escalante-Martínez, J.C., Luévano, A., López-López, M., 1999, *Carta Geológico-Minera y Geoquímica Concepción del Oro, G14-10, escala 1:250 000*: Pachuca, Hidalgo, México, Consejo de Recursos Minerales, informe técnico, 157 p.
- ❖ Pantoja-Alor, J., 1962, *Hoja San Pedro del Gallo 13R-k(3), Resumen de la Geología de la Hoja San Pedro del Gallo*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
- ❖ Petróleos Mexicanos (PEMEX), 1988, *Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico*, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación ejecutiva de exploración, Informe Inédito, 229 p.
- ❖ Pérez-Rul, F.A., 1967, *Hoja Viesca 13 R(5), Resumen de la Geología de la Hoja Viesca*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.

- ❖ Rogers, C.L., De Cserna, Z., Tavera-Amezcu, E., Ulloa, S., 1957, *Geología general y depósitos de fosfatos del Distrito de Concepción del Oro, Estado de Zacatecas*: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Boletín 38, 129 p.
- ❖ Santamaría, O., D., Arenas, P. R. y Escamilla, H. A., 1990, *Normalización de la Nomenclatura Estratigráfica en las Cuencas Mesozoicas de México (Etapa I: Zona Norte. Cretácico)*: México, D.F., Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto CAO-3052, Informe inédito, 140 p.
- ❖ Stinnesbeck, W., 1983, *Sobre una faunula de amonites de la Formación Cuesta del Cura (Albiano superiorCenomaniano inferior) de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México*: Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, 8, 129-132.
- ❖ Tardy, M., 1972, *Sobre la Estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el Sector de Parras Coahuila*: Distinción de las Series Coahuilense y Parrense: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 32 (2), 51-70.
- ❖ Tardy, M., Longoria, J.F., Martínez-Reyes, J., Mitre-Salazar, L.M., Patiño, A.M., Padilla, S.R., Ramírez, R.C., 1975, *Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental: La aloctonía del conjunto cadena alta altiplano central, entre Torreón, Coahuila y San Luis Potosí, S.L.P. México*: Revista del Instituto de Geología, 75(1), 1-11.
- ❖ Villarreal-Fuentes, J., 2007, *Depósitos de Celestina en la zona de los alamos, Estado de Coahuila*; un ejemplo de mineralización del tipo MVT: México, D.F., Centro de geociencias, campos Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 77 p.
- L.F.Vassallo, Ph.D., (2008). „*Yacimientos Minerales Metálicos*“. 4ª edición. Centro de Geociencias, UNAM. Querétaro, México.
- López Aburto V. M., (1994). „*Manual para la Selección de Métodos de Explotación de Minas*“. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- RS-GEOIMAGE (2013). Imágenes de satélite en la exploración geológica – minera.
- https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_exploracion.asp.
- http://www.epistemus.uson.mx/revistas/articulos/15-11_EXPLORACION%20GEOLOGICA.pdf
- <http://www.exploradores.org.pe/mineria/como-seproducen-los-minerales/exploracion.html>.
- <http://www.geovirtual.cl/EXPLORAC/TEXT/00000c~1.HTM>.
- <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/default.aspx>
- http://www.geociencias.unam.mx/~rmolina/Diplomado/yacimientos/yacimientos_1.html
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/minas2/beneficio.pdf>
- <http://www.segeomex.com/Servicios.html>
- http://www.sgm.gob.mx/transparencia/pdf/IRC_SGM_1.pdf
- <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM14.html>.
- <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/marconuevo.htm>

5.2 Anexos

5.2.1 Tabla resumida de las localidades visitadas, y las respectivas actividades desarrolladas en cada uno de las mismas.

Referencia Fecha	Localidad	Coordenadas – Elevación	Ilustración	Descripción Litológica – Sedimentológica - Datos Estructurales
LH-069 05-02-17	La Hediondilla, Nuevo León	14R 0325699 N 2757946 W 1755 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de limos-arcillas. Muestreo de arroyo: clastos rodados de caliza color gris oscuro y Pedernal negro. Muestra de sedimento: color ocre grisáceo con tonalidades blanquecinas, por el alto contenido de arcillas y carbonatos oxidados. Dimensiones de arroyo: 2x5m.
LH-070 05-02-17	La Hediondilla, Nuevo León	14R 0325599 N 2757881 W 1867 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de limos-arcillas y líticos calcáreo-arcillosos. Muestreo de arroyo: clastos de procedencia calcárea: calizas y margas (gris oscuro), lutitas calcáreas (ocre-rojizo) y pedernal (negro). Muestra de sedimento: color ocre grisáceo con tonos rosa-pardo claro. Algunos de los clastos tienen presencia de material fosilífero: foraminíferos. Dimensiones de arroyo: 2x2m.
LH-C-01 05-02-17	La Hediondilla, Nuevo León	14R 0325599 N 2757881 W 1877 m	 	Afloramiento de la Fm. Cuesta del Cura. Intercalación periódica de Lutitas (color ocre-rojizo) y Calizas arcillosas (color gris oscuro) con horizontes de pedernal. Los espesores son de 10-15 cm en las lutitas, y de 15-30 cm para las calizas. Presencia de estructuras abudinas (Boudinage). Se clasifica como caliza wackstone por su contenido de organismos fósiles como Turritellas, Amonites, Miliólidos. Los cristales diseminados dentro del pedernal y en la caliza, además de la presencia de calcedonia, indican actividad hidrotermal en la zona. Datos Estructurales: N15°W, 80°SW. Dimensión de afloramiento: 5x20 m.

LH-068	La Hediondilla, Nuevo León 06-02-17	14R 0325451 N 2758938 W 1913 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un Aluvión de guijarros (20-40 cm), por su pobre selección en los clastos. Muestreo de arroyo: clastos rodados de caliza mundstone-wackstone, líticos de caliza arcillosa (gris), conglomerado polimítico y Pedernal bandeado (negro), además de lutitas-areniscas (ocre). Muestra de sedimento: color gris claro - rosado; presencia de carbonatación (brinda soporte y rigidez a la roca-suelo) debido al cementante calcáreo-dolomítico. Los clastos de pedernal y caliza presentan algunos granos diseminados de sulfuros. Existe evidencia de nódulos de Fe-Mg. Dimensiones de arroyo: 3x5m.</p>
LH-062	La Hediondilla, Nuevo León 06-02-17	14R 0323420 N 2760855 W 2008 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un Coluvión de terrígenos (limoarcillas y arenas muy finas). Muestreo de arroyo: clastos muy finos de areniscas a lutitas, de tonalidades ocre, rojizo, anaranjado, y una trama color gris oscuro debido a la presencia de margas. Presencia de fragmentos de <i>Amonites</i>. Dimensiones de arroyo: 4x5m.</p>
LH-C-02	La Hediondilla, Nuevo León 06-02-17	14R 0323420 N 2760855 W 2017 m		<p>Afloramiento de la Fm. Caracol. Secuencia intercalada de Margas (gris claro), calizas arcillosas (gris oscuro), arenas finas y lutitas (ocre-rojizo). Los espesores son de 5-10 cm para las lutitas y areniscas, y de 25-30 cm para las margas y calizas. Presencia de bioturbación en las lutitas arenosas (galerías). Presenta una matriz calcárea arcillosa, donde las arcillas presentan un grado alto de oxidación. El paquete sedimentario presenta una gran cantidad de fracturas rellenas de calcita. Datos Estructurales: N15°E, 75°SE. Dimensión del afloramiento: 5x10 m.</p>
LH-C-03	La Hediondilla, Nuevo León 06-02-17	14R 0323299 N 2760652 W 2039 m		<p>Afloramiento de la Fm. Indidura. Secuencia de calizas arcillosas con horizontes de pedernal (gris oscuro), limolitas y lutitas (ocre-pardo claro), en una zona serrana con pendiente abrupta >30°. Tanto la caliza como las bandas de pedernal se presentan en lajas adelgazadas con espesores de 0.5-1 cm y las lutitas y limolitas son masivas. Presenta lajas fósilíferas, donde se encontró un fósil índice: <i>Inoceramus sp.</i> Se presenta ya una vegetación de montaña (muy tupida) con gran diversidad de flora. Datos Estructurales: N45°W, 50°SW. Dimensión del afloramiento: 1x5 m.</p>

<p>LH-C-04</p>	<p>San Ramón, Nuevo León</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0316034 N 2766496 W</p> <p>2710 m</p>		<p>Afloramiento de la Fm. Cuesta del Cura. Secuencia de calizas con horizontes y lentes de pedernal intercaladas con limolitas-lutitas, en menor medida. En esta parte del flanco (derecho) se aprecia un notorio incremento en el espesor de los estratos de calizas en el orden de 50-70 cm y pedernal de hasta 25 cm de potencia, mientras que para las lutitas 5-10 cm. Presenta fragmentos de Ammonites.</p> <p>Datos Estructurales: N65°W, 48°SW. Dimensión del afloramiento: 10x5 m.</p>
<p>LH-C-05</p>	<p>San Ramón, Nuevo León</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0315895 N 2766166 W</p> <p>2735 m</p>		<p>Afloramiento de la Fm. Taraises. Secuencia de calizas amarillas a grises con horizontes y lentes de pedernal intercaladas con limolitas-lutitas. En esta formación, se aprecia un incremento en el espesor de los estratos de calizas en el orden de 50-70 cm y pedernal de hasta 25 cm de potencia, mientras que para las lutitas 5-10 cm.</p> <p>Datos Estructurales: N60°W, 43°SW. Dimensión del afloramiento: 5x3 m.</p>
<p>LH-040</p>	<p>Puyas y Las Hormigas, Coahuila</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0315897 N 2766168 W</p> <p>2745 m</p>		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas. Muestreo de arroyo: guijarros angulosos, con tonalidades entre gris claro a gris oscuro.</p> <p>Su procedencia es de origen calcáreo y además de la presencia de los nódulos de pedernal, que son característicos de la formación de la que provienen: Fm Cupido.</p> <p>Dimensiones de arroyo: 2x2.5m.</p>
<p>LH-C-06</p>	<p>Las Hormigas, Coahuila</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0315900 N 2766180 W</p> <p>2760 m</p>		<p>Afloramiento de Fm. Cupido. Secuencia masiva de calizas de estratos gruesos con horizontes de pedernal intercaladas en menor medida con lutitas.</p> <p>Los espesores de las laminaciones de las lutitas son del rango de los 10 cm, mientras que para los estratos de calizas son de 70-90 cm y pedernal de hasta 20 cm de potencia, mientras que para las lutitas 5-10 cm.</p> <p>Datos Estructurales: N70°W, 50°SW. Dimensión del afloramiento: 5x10 m.</p>

<p>LH-P-01</p>	<p>San Ramón, Nuevo León</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0318490 N 2765901 W</p> <p>2622 m</p>		<p>Estructura Mineralizada (prospecto). Afloramiento de la Fm Caracol. Secuencia de margas (gris) con un gran paquete de arenas finas y limos-lutitas (ocre-rojizo-amarillo). Presencia de bioturbación en las lutitas arenosas (galerías). Presenta una matriz arcillo- calcárea, donde las arcillas predominan. El paquete sedimentario presenta una gran cantidad de fracturas rellenas de calcita, generando una serie de vetas y vetillas de hasta 40 cm de grosor, lo que se puede considerar como económico, por los minerales asociados a la calcita (óxidos de Fe, cuarzo, y cristales de sulfuros diseminados). Dimensión del lomerío: 50x100 m.</p>
<p>LH-049</p>	<p>San Ramón, Nuevo León</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0318490 N 2765901 W</p> <p>2622 m</p>		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión. Entre sus componentes: limos, arcillas y arenas muy finas, y clastos de margas. Muestreo de arroyo: clastos del tamaño de gravas, con tonalidades ocre, rojizo, anaranjado, debido a los terrígenos y una trama color gris debido a la presencia de margas. La matriz arcillosa soporta los guijarros: no existe la cementación en el sedimento sólo compactación de éste. Debido a la localización del muestreo (parte alta de la meseta-valle) existe una vegetación muy abundante (pasto, hierba, cactáceas). Dimensiones de arroyo: 1x1.5m.</p>
<p>LH-C-07</p>	<p>San Ramón, Nuevo León</p> <p>09-02-17</p>	<p>14R 0317930 N 2765640 W</p> <p>2724 m</p>		<p>Afloramiento de la Fm. Cuesta del Cura. Paquete de rocas calizas masivas con horizontes de pedernal grueso e intercalado con lutitas en menor medida. El espesor de los estratos de calizas es muy grueso >1m. Mientras que el espesor del pedernal entre 10-20 cm. Vegetación muy espesa, debido a la altitud donde se ubica la formación (alta montaña). Datos Estructurales: N60°W, 50°SW. Dimensión del afloramiento: 2x5 m.</p>

LH-047	La Hediondilla, Nuevo León 09-02-17	14R 0317722 N 2766083 W 2643 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión. Entre sus componentes: se observa limos, arcilla, granos de calcita, dolomita, pedernal y óxidos de Fe. Muestreo de arroyo: clastos subangulosos, de tamaño de cantos a guijarros, con tonalidades variadas: ocre, rojizo, anaranjado, blanco, negro, gris, verde y pardo claro a oscuro, debido a las diversas procedencias de los componentes del arroyo. La matriz calcáreo-arcillosa da rigidez al suelo y soporta los guijarros por medio de su cementación calcárea (Ca-Do). En esta área de muestreo (parte alta del valle) existe la vegetación más abundante explorada (pasto, hierba, zona arborícola, cactáceas). Dimensiones de arroyo: 2x2m.</p>
LH-C-08	La Hediondilla, Nuevo León 10-02-17	14R 0322222 N 2762590 W 2452 m		<p>Afloramiento de la Fm. Caracol. Secuencia del Coniaciano –Santoniano, que presenta una intercalación periódica de arenas finas y limos-lutitas (ocre-rojizo-amarillo-crema) y en menor medida de margas (gris). El paquete sedimentario aflora a pie de carretera. Datos Estructurales: N60°W, 60°SW. Dimensión del lomerío: 50x100 m.</p>
LH-C-09	La Hediondilla, Nuevo León 10-02-17	14R 0321287 N 2762513 W 2477 m		<p>Afloramiento de la Fm Cuesta del Cura. Paquete de rocas calizas masivas con lentes de pedernal, intercaladas con lutitas. El espesor de los estratos de calizas es grueso >30 cm., mientras que el espesor de los lentes de pedernal varía entre 5-20 cm. La formación presenta una notoria cantidad de fracturas, en su mayoría rellenas de calcita, debido a los esfuerzos extensivos en la zona. Dentro de la fauna Cretácica, se encontraron una serie de microfósiles dentro de las calizas como foraminíferos (miliólidos). Datos Estructurales: N62°W, 65°SW. Dimensión del afloramiento: 8x15 m.</p>
AN-01-ZNC	Agua Nueva, Coahuila 11-02-17	14R 0291324 N 2771619 W 2452 m		<p>Afloramiento en corte carretero, entra la Fm Zuloaga cabalgando a la Fm La Casita. Contacto litológico transicional entre una formación más antigua que la que subyace. La Fm La Casita presenta una serie de estratos masivos y gruesos (50-90 cm) de lutitas-areniscas amarillas. La Fm Zuloaga es una caliza masiva de potencia muy gruesa (>1 m) con una gran cantidad de fracturas estilolíticas, en su mayoría rellenas por carbonatos (Ca-Do) y óxidos de Fe-Mg-Mn (diferentes tonalidades en la oxidación). Dicho cabalgamiento ha sido explicado</p>

				<p>como la posible deformación ocasionada por el diapirismo de una unidad de Yeso proveniente de la parte inferior de la Fm Olvido, deformando posteriormente por debajo a la Fm Zuloaga, y en consecuencia, queda sobreyacida con respecto a la Fm. La Casita. Datos Estructurales: N83°W, 54°SW (Flzq); N85°W, 55°SW (FDer). Dimensión del afloramiento: 80x15 m.</p>
AN-02-ZNC	<p>Agua Nueva, Coahuila</p> <p>11-02-17</p>	<p>14R 0291668 N 2771864 W</p> <p>2464 m</p>	  	<p>Afloramiento que demuestra la Cabalgadura de la Fm. Caja sobre la Fm. Zuloaga. El contacto transicional entre ambas formaciones es marcado por la alteración que sufre la caliza masiva de la Fm. Zuloaga: zonas rosadas, resultado del cizallamiento con las lutitas de la Fm. La Caja.</p> <p>El espesor que presentan los estratos de la Caliza Zuloaga son muy gruesos >2m. En la parte inferior de la Fm. Zuloaga, se presenta subyacida la Fm. Olvido, donde sus característicos Yesos masivos se ven atacados por la Karstisidad, formando una cavidad muy amplia en su base (30 m de profundidad).</p> <p>La Fm. La Caja presenta una serie de lutitas amarillas alteradas (color rosado), mientras que la Caliza Zuloaga presenta una coloración gris oscuro.</p> <p>Los yesos de la Fm. Olvido tienen una textura cristalina; se aprecian concordantes con la roca subyacida.</p> <p>Dentro del perfil estructural, se hace énfasis en la notoria imbricación existente entre el anticlinal recumbente de esta secuencia sedimentaria, con respecto a toda la secuencia regional de anticlinales, a la cual cabalga.</p> <p>Esta teoría se ve sustentada debido a la presencia del yeso: el comportamiento plástico de las evaporitas promueve un empuje en las estructuras plegadas, donde la cabalgadura toma como plano de despegue al yeso.</p> <p>Esto se respalda debido a que el patrón de cabalgaduras a lo largo de la Sierra Madre Oriental está controlado por los materiales evaporíticos plásticos, que fungen como planos de despegue.</p> <p>La presencia de sigmoides demuestra la dirección de los esfuerzos extensivos a lo largo de los planos de cizalla.</p> <p>Datos Estructurales: N70°W, 75°SW (Flzq); N72°W, 78°SW (FDer). Dimensión del afloramiento: 50x35 m.</p>

AN-03-ZNC	Agua Nueva, Coahuila 11-02-17	14R 0291283 N 2773881 W 2508 m		<p>Afloramiento de la Fm. Indidura (corte de vías del ferrocarril). Secuencia intercalada de lutitas y areniscas (color crema-rosado-parduzco) con calizas arcillosas y margas (color gris). Los estratos de lutitas se presentan en formas de lajas, mientras que las areniscas se presentan en estratos laminares <10 cm, y las calizas-margas se presentan como estratos medios (20-30 cm). La secuencia presenta una periodicidad marcada: lutita-arenisca-lutita-arenisca-caliza-lutita. Se encontró a <i>Inocermus</i> como fósil índice en esta formación. Datos Estructurales: N68°W, 86°NE. Dimensión del afloramiento: 80x15 m.</p>
AN-04-ZNC	Agua Nueva, Coahuila 11-02-17	14R 0291144 N 2774155 W 2514 m		<p>Afloramiento de la Fm Caracol (corte de vía del ferrocarril). Paquete sedimentario de intercalación entre areniscas (amarillas) y lutitas (ocro-rojizas). Las areniscas se presentan en forma de lajas y en sentido casi vertical con respecto al plano horizontal (echados mayores a75°). Datos Estructurales: N76°W, 77°NE. Dimensión del afloramiento: 80x20 m.</p>
LH-051	San José Del Alamito, Coahuila 13-02-17	14R 0319252 N 2762601 W 2618 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de cantos, gravas y arenas gruesas. Muestreo de arroyo: clastos mal clasificados, color gris oscuro debido a la presencia de margas. Matriz del sedimento: limo fino color pardo-castaño. Presencia de vegetación tupida en el área. Dimensiones de arroyo: 1x3m.</p>
LH-057	La Hediondilla, Nuevo León 13-02-17	14R 0321541 N 2763183 W 2520 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de arenas gruesas y gravas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas, margas, pedernal, con coloración gris claro a gris oscuro. Matriz limosa color castaño. Presencia de cactáceas, angiospermas, gimnospermas, y pasto muy abundante. Dimensiones de arroyo: 0.3x3m.</p>

LH-048	San José Del Alamito, Coahuila 13-02-17	14R 0318324 N 2763001 W 2659 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas y arenas.</p> <p>Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas, color gris claro.</p> <p>Matriz del sedimento: arenas muy finas a limo grueso, color pardo.</p> <p>Presencia de vegetación tupida (cactáceas y pastizal).</p> <p>Dimensiones de arroyo: 0.5x2m.</p>
LH-045	San José Del Alamito, Coahuila 13-02-17	14R 0317713 N 2763509 W 2687 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de cantos, arenas y gravas.</p> <p>Muestreo de arroyo: clastos de calizas y fragmentos de lutitas, color gris oscuro.</p> <p>Matriz del sedimento: limo calcáreo, color pardo.</p> <p>Presencia de vegetación tupida: pastizal.</p> <p>Dimensiones de arroyo: 5x3m.</p>
LH-037	Las Hormigas, Coahuila 13-02-17	14R 0314391 N 2764529 W 2657 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de arenas finas y limos.</p> <p>Muestreo de arroyo: clastos de calizas color gris claro y fragmentos de lutitas color crema.</p> <p>Matriz del sedimento: limo calcáreo, color ocre. Presencia de madrigueras de perritos de la planicie.</p> <p>En este punto, los sedimentos tienen origen de la Fm. Taraises.</p> <p>Dimensiones de arroyo: 5x3m.</p>
LH-033	Las Hormigas, Coahuila 13-02-17	14R 0313489 N 2764438 W 2656 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de arenas muy finas y limos, con fragmentos de gravas.</p> <p>Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas de color gris claro.</p> <p>Matriz de limo calcáreo.</p> <p>Presencia de madrigueras de perritos de la planicie.</p> <p>Vegetación tupida.</p> <p>Dimensiones de arroyo: 2x3m.</p>

LH-035	Las Hormigas, Coahuila 13-02-17	14R 0313555 N 2763719 W 2648 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de bloques, cantos y gravas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas, pedernal, líticos de areniscas y limolitas, de tonos pardo, ocre, gris claro y gris oscuro. Matriz de limo calcáreo. Poca Vegetación. Dimensiones de arroyo: 5x7x30m (desembocadura del río principal).
LH-038	Las Hormigas, Coahuila 14-02-17	14R 0314159 N 2762732 W 2101 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de limos y arcillas. Muestreo de arroyo: clastos de pedernal, calizas y fragmentos de areniscas. Coloración variable. Matriz de limo calcáreo y muchos óxidos de hierro. Vegetación muy abundante (pastizal), debida a que la zona es una pradera en toda su extensión. Dimensiones de arroyo: 0.5x0.5m.
LH-036	Las Hormigas, Coahuila 14-02-17	14R 0314967 N 2762010 W 2070 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de cantos y gravas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas que alteran a dolomita (color blanco) con fragmentos fósiles de <i>amonites</i> y <i>turritelas</i> , además de pedernal negro y fragmentos de lutitas color naranja. Matriz de limo calcáreo. Nula vegetación. Dimensiones de arroyo: 2x10m.
LH-C-10	Las Hormigas, Coahuila 14-02-17	14R 0314324 N 2762598 W 2087 m		Afloramiento de la Fm. Caracol. Paquete sedimentario que describe una intercalación de areniscas y lutitas. El espesor de los estratos de las areniscas (5 cm) es siempre menor que el de las lutitas (15 cm). Datos Estructurales: N35°W, 65°NE. Dimensión del afloramiento: 1x2 m.
LH-039	Las Hormigas, Coahuila 14-02-17	14R 0315624 N 2761348 W 2089 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de arenas y limos. Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas, de color gris. Matriz de limo calcáreo. Vegetación variada, con la presencia de múltiples especies arborícolas y pastos. Dimensiones de arroyo: 1x1m.

LH-021	El Venado, Coahuila 14-02-17	14R 0307516 N 2762916 W 2200 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas y arenas. Muestreo de arroyo: rodados de calizas grises, pedernal negro y fragmentos de areniscas, limolitas y lutitas con tonalidades amarillo-naranjas a ocre. Matriz de limo fino de tono negro (pardo muy oscuro). Vegetación abundante (pasto y cactáceas). Dimensiones de arroyo: 1x2m.
LH-018	El Venado, Coahuila 14-02-17	14R 0306249 N 2763194 W 2183 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas, cantos y arenas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas que alteran a dolomita (color blanco), pedernal negro. Matriz de limo calcáreo, de color negro (pardo muy oscuro). Vegetación muy abundante (pastizal y angiospermas). Se observa presencia de caliche en el área. Dimensiones de arroyo: 4x2m.
LH-020	El Venado, Coahuila 14-02-17	14R 0306969 N 2764178 W 2173 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas y arenas, soportado por una matriz carbonatada. Muestreo de arroyo: clastos calizas grises. Matriz de limo fino. Se observa cementante calcáreo y el sedimento consolidado a lo largo del arroyo. Vegetación muy abundante: pastizal. Dimensiones de arroyo: 1x2m.
LH-022	El Venado, Coahuila 14-02-17	14R 0307545 N 2764079 W 2021 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de arenas, limos y arcillas. Muestreo de arroyo: clastos finos de calizas grises y fragmentos de areniscas y limolitas color ocre y rojizas (presencia de óxidos de Fe). Matriz limosa. Vegetación muy abundante: pastizal. El sedimento se observa sin consolidar. Dimensiones de arroyo: 3x5m.
LH-055	San José Del Alamito, Coahuila 16-02-17	14R 0320382 N 2765389 W 2162 m		Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de gravas y arenas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas grises, pedernal negro y fragmentos de lutitas color ocre. Matriz limo-arcillosa. Vegetación abundante: pastizal y zona boscosa, rica en árboles (angiospermas). Dimensiones de arroyo: 1x1.5m.

LH-C-11	Las Hormigas, Coahuila 16-02-17	14R 0320991 N 2762049 W 2027 m		<p>Afloramiento de la Fm. Taraises. Secuencia con presencia de Calizas y Margas amarillas-grisáceas con horizontes y lentes de pedernal intercaladas con lutitas. Describe diferentes espesores en los estratos: las calizas en el orden de 40-50 cm, el pedernal de hasta 15 cm, mientras que para las lutitas 5-20 cm. Se encontró dentro de la secuencia (margas) una fauna rica en <i>Amonites</i> y <i>Crinoideos</i>. Datos Estructurales: N50°W, 48°NE. Dimensión del afloramiento: 50x30m ya que se trata de un lomerío en su totalidad.</p>
LH-059	San José Del Alamito, Coahuila 16-02-17	14R 0322653 N 2759609 W 1943 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de arenas y gravas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas grises, pedernal negro y fragmentos de areniscas color rojizas. Matriz de limo calcáreo, color castaño. Vegetación poco tupida: zona de baja montaña - pradera. En este arroyo, hubo dificultad al tomar la muestra geoquímica pues se encontraba en un ejido que era propiedad privada. Dimensiones de arroyo: 0.5x0.5m.</p>
LH-C-12	San José Del Alamito, Coahuila 16-02-17	14R 0322545 N 2759529 W 1948 m		<p>Afloramiento de la Fm. Zuloaga. Secuencia sedimentaria que describe una caliza masiva de potencia muy gruesa: estratos >3 m, con una gran cantidad de fracturas estilolíticas, en su mayoría rellenas por carbonatos (Ca-Do) y óxidos de Fe-Mg-Mn (diferentes tonalidades en la oxidación). Se encontró dentro de la secuencia un gran contenido faunístico: <i>Bivalvos</i>, <i>Braquiópodos</i>, <i>Amonites</i>, <i>Belemnites</i>, <i>Ostracodos</i>, <i>Foraminíferos</i>, que caracterizan a esta Formación. Datos Estructurales: N30°W, 62°NE (Flanco Derecho). Dimensión del afloramiento: 20x5m.</p>
LH-C-13	San José Del Alamito, Coahuila 17-02-17	14R 0321747 N 2760317 W 2000 m		<p>Afloramiento de la Fm. Zuloaga. Secuencia sedimentaria que describe una caliza masiva sobresaliendo de un peñasco; en dicha unidad, se observan estratos de 2 m de espesor, con una gran cantidad de estilolitas, en su mayoría rellenas por carbonatos y óxidos de Fe. Se encontró en los estratos el material fósil característico de la Formación: <i>Bivalvos</i>, <i>Amonites</i> y <i>Foraminíferos</i>. Datos Estructurales: N54°W, 72°NE (Flanco Izquierdo). Dimensión del afloramiento: 20x5m.</p>

LH-056	Las Puyas, Coahuila 17-02-17	14R 0320767 N 2760045 W 1933 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un aluvión de arenas (gruesas a muy finas) y gravas. Muestreo de arroyo: clastos de calizas y margas grises y pedernal negro. Matriz limo-arcillosa. Vegetación abundante: zona boscosa y baja (llanura). Dimensiones de arroyo: 1x1.5m.</p>
LH-052	Las Puyas, Coahuila 17-02-17	14R 0319528 N 2758530W 1940 m		<p>Muestreo de sedimento de arroyo activo. Se clasifica como un coluvión de arenas, limos y arcillas. Clastos de margas grises y fragmentos de areniscas y limolitas ocre y rojizo (presencia de óxidos de Fe). Matriz limo-arcillosa color crema. Vegetación muy tupida, sobresaliendo el pastizal abundante (pradera). Dimensiones de arroyo: 1x1.5m.</p>

5.2.3 Resumen de la metodología empleada por el SGM dentro de la Cartografía Geológico-Minera de la República Mexicana

El programa de cartografía geológico-minera a escala 1:250 000 en México inició en 1995 y se concluyó en 2005. El programa de escala 1:50 000 está en proceso. Los geólogos proceden con los levantamientos geológicos en campo y al mismo tiempo verifican el potencial económico.

Todas las zonas con posibilidad de contener minerales metálicos, industriales y rocas dimensionables, se registran y se incorporan a los mapas (cartas) como áreas prospectivas.

Esta actitud de los geólogos permite visualizar las expectativas mineras de una región, vinculadas con el levantamiento cartográfico. Los levantamientos a escala 1:50 000 se programan en donde existe mayor potencial por recursos metálicos y no-metálicos.

- PRIMERA ETAPA – COMPILACIÓN.- Compilación, análisis e interpretación de bibliografía y cartografía previa. El 65% de la información está en medios digitales disponibles en el CEDOCIT. Interpretación de lineamientos estructurales, litología, alteraciones y morfología en la imagen de satélite y epipolar.

El SGM desarrolló las imágenes epipolares en 3D que substituyen a los pares estereoscópicos, las cuales están georreferenciadas y en ellas se resaltan estructuras y litología, con lo cual se integra un mapa geológico preliminar.

Compilación geoquímica y geofísica.- Con ArcGis, se preparan mapas de pétalos de corrientes de agua para planear la ubicación de las muestras de sedimento activo de arroyo.

La *compilación de bibliografía*, incluye la consulta de los mapas de geofísica aérea y terrestre; incluye la consulta de los mapas de geofísica aérea y terrestre.

- SEGUNDA ETAPA – CAMPO.- En el campo, los geólogos utilizan una computadora o colectora de datos digital – llamada *mapamóvil*– para ingresar los datos del levantamiento.



En el *mapamóvil* ya viene previamente cargado el mapa geológico preliminar, las imágenes y la simbología. El sistema optimiza la organización de los datos de campo.



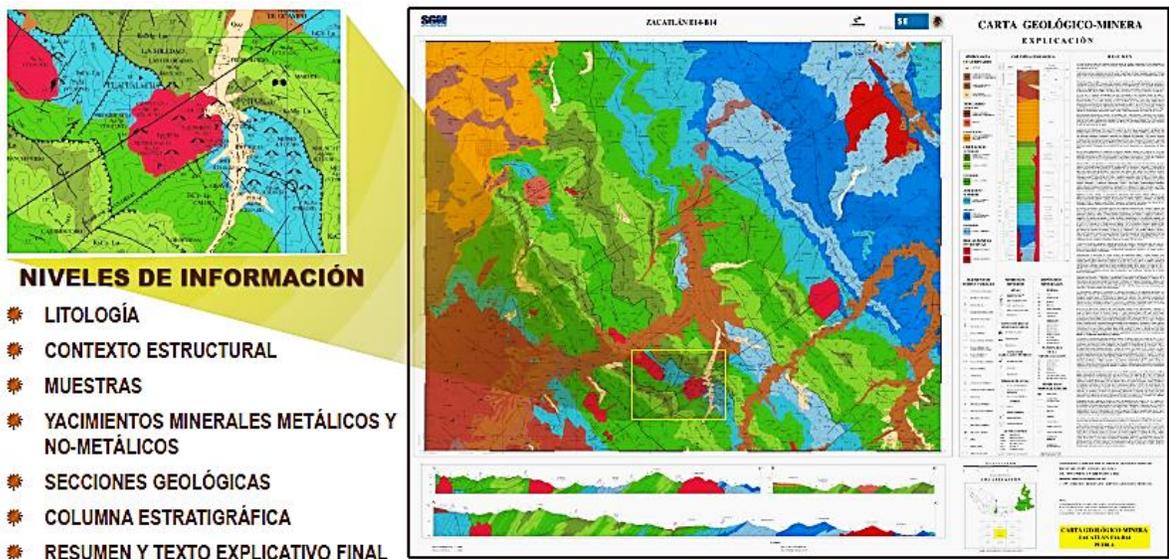


- TERCERA ETAPA – INTEGRACIÓN FINAL.- Terminada la etapa de campo, se revisa y se integra toda aquella información recabada. Elaboración de mapas geológicos y geoquímicos en sistema *ArcGis*, una plataforma de información geográfica de uso generalizado. Como resultado, se obtiene una representación gráfica, verificada, de los tipos de roca y estructuras, y su relación con los yacimientos minerales, integrada en un mapa.

El informe final de una carta Geológico-Minera y Geoquímica, contiene los siguientes capítulos:

- Ubicación e infraestructura
- Estratigrafía
- Geología estructural
- Tectónica

- Yacimientos minerales metálicos y no metálicos.
- Modelos
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Apéndices de petrografía y resultados de laboratorio
- Tablas de yacimientos, paleontología, dataciones.
- Bibliografía



Representación gráfica de los niveles de información obtenida mediante el trabajo de campo.

LOCALIDADES PROSPECTIVAS.- La interpretación geológica, geoquímica y geofísica y el trabajo de campo permiten identificar nuevas áreas prospectivas que se eligen para exploración más detallada. La mayoría de las minas activas iniciaron como un simple prospecto.

CENTROS DE EXPERIMENTACIÓN.- Los estudios evaluativos de asignaciones mineras y la cartografía se respaldan con los Centros de Experimentación para caracterizar minerales y rocas, analizar muestras o ejecutar pruebas metalúrgicas.

5.2.4 Perfil de Mercado de la Fosforita



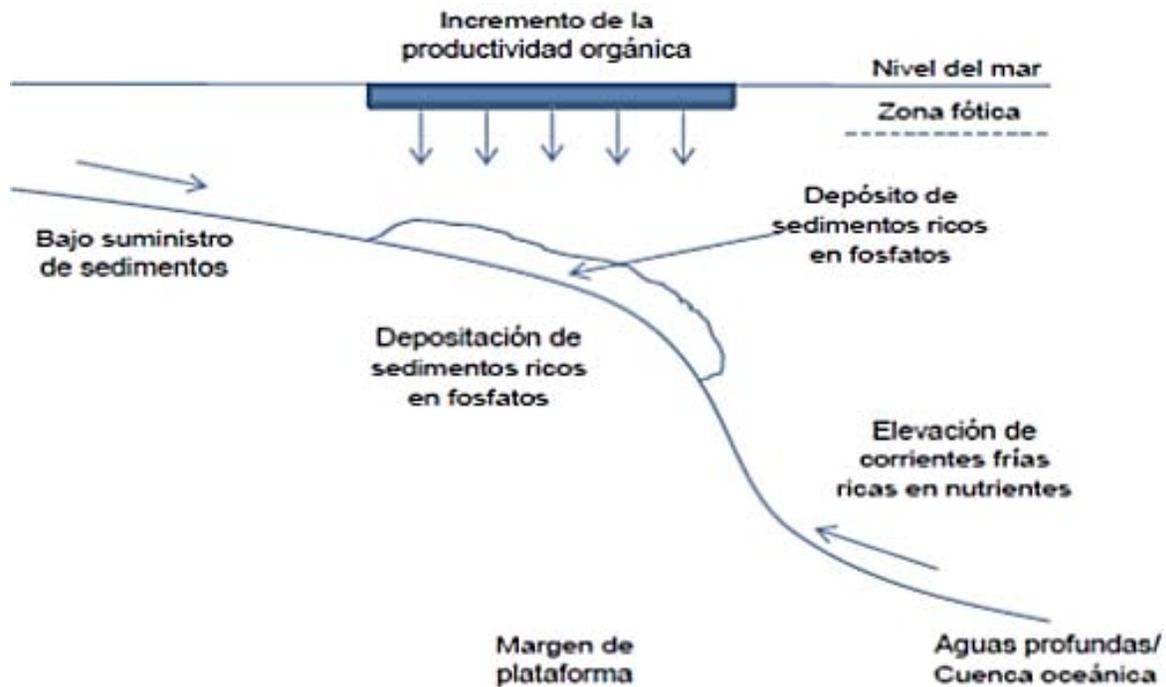
- *Características generales del Mineral.*- Las fosforitas son rocas sedimentarias de origen químico que contienen al menos un 20%

de P_2O_5 , en forma de fluorapatito criptocristalino, apatito o algún otro mineral que contenga fósforo y suelen presentarse generalmente en capas, también se puede presentar en forma de costras, esferulitas y nódulos en horizontes sedimentarios. Las rocas con menos del 10% de fosfato reciben el adjetivo de fosfáticas.

- *Ambiente de depósito.*- Los grandes depósitos se produjeron en zonas marinas con ambiente tranquilo y poco aporte de sedimentos terrígenos. Las aguas frías de los fondos marinos son más ricas en fósforo que las calientes de la superficie, cuando las primeras ascienden arrastran cierta cantidad de nutrientes que atraen a numerosos organismos que aportan más fósforo.

Su origen es aún objeto de debate, pero parece evidente que se forman bajo las siguientes condiciones generalmente:

- 1) Presencia de elevaciones de aguas frías ricas en fósforo inorgánico disuelto.
- 2) Presencia de una plataforma marina, somera y con aguas cálidas, en la que se produce la acumulación del fosfato orgánico.



Modelo de formación de los yacimientos de fosforitas en la naturaleza. Tomado de la Coordinación General de Minería, DGDM.

El fósforo es un nutriente esencial que incrementa la formación del fitoplancton, que al ser la base de la cadena alimenticia marina, multiplica la vida de organismos superiores como los peces. Tanto el fitoplancton como los peces al morir se depositan en el fondo de la plataforma, sufriendo sus partes orgánicas una degradación que supone la acumulación de sus esqueletos.

El continuo reflujó de fósforo por las elevaciones de corrientes frías produce una continua transformación de estos esqueletos en hidroxí-apatito y flúor-apatito. También puede formarse como consecuencia de procesos diagenéticos de reemplazamiento de calizas por el apatito, por sustitución del anión carbonato por el fosfato.

- *Geología Económica.*- En términos comerciales es una roca que contiene uno o más minerales fosfáticos en cantidad y pureza suficientes que permiten su uso comercial como una fuente de compuestos fosfáticos o fósforo primario. El calcio puede ser reemplazado por sodio, magnesio, manganeso, estroncio, plomo, uranio, cesio y otras tierras raras.

- *Yacimientos Minerales.*- En un depósito mineral, el contenido de fosfato se expresa como porcentaje de pentóxido de fósforo (P_2O_5). Los depósitos de roca fosfórica más importantes son de origen sedimentario, seguidos por complejos ígneos alcalinos ricos en apatito. Cerca del 90% de los fosfatos producidos son para la elaboración de fertilizantes, en forma simple o combinado con otros nutrientes primarios como potasio y nitrógeno y el resto en una gran variedad de industrias como elaboración de detergentes, alimentos para animales y humanos y bebidas, extintores de fuego, productos dentales y en tratamiento de superficies de metales.

Potencial Geológico – Minero.- Para nuestro caso de estudio, en el Estado de Nuevo León existe un área mineralizada amparada por el lote minero "Don Humberto", se localiza en la porción suroeste del estado de Nuevo León, casi en el límite con el estado de Coahuila, a 82.5 km al S20°E de Saltillo, que es la ciudad de mayor importancia más próxima al área. La fosforita calcárea es el tipo de roca de mayor interés económico, ya que es la más rica en contenido de P_2O_5 .

Los depósitos de roca fosfórica que se localizan en la sierra de Las Mazmorras, son de origen marino y representan una facies de formación de tipo geosinclinal. Las estructuras mineralizadas son mantos tabulares, que en espesor varían de 5 a 80 cm como máximo. En conjunto el miembro fosfórico es considerado como solo uno, llega a tener espesores hasta de 3 metros y fue reconocido mediante caminamientos en una longitud de 7 km en la Cañada Las Mazmorras y en 4 km en la Cañada Los Azules.

El control de la mineralización es de tipo estratigráfico y está definido por la Formación La Caja del Jurásico superior y su actitud general es de N45°W con inclinaciones variables que van de 10° a 40° al noreste, presentando variantes muy locales debido a lo incompetente que es esta formación, lo que hace que en ocasiones se presente muy plegada y fracturada.

Esta roca en general es de color gris rojizo oscuro a casi negro, tiene un olor fétido y ocasionalmente contiene fósiles. Presenta vetillas de calcita transversales a la estratificación y óxidos de hierro rellenando fracturas en la roca.

Su contenido mineral determinado mediante los análisis químicos cuantitativos fue de 18.52% de P_2O_5 , 44.31% de CaO , 13.08% de CO_2 , 2.02% de F , 1.8% de Al_2O_3 , 2.06% de Fe_2O_3 , 9.33% de SiO_2 , 55.65 ppm de As , 116.09 ppm de Pb , 9.79% de insolubles y su pérdida por calcinación es del 20% (Coordinación General de Minería, DGDM, 2013).

El potencial geológico-minero estimado preliminarmente, de acuerdo a las observaciones de campo y los estudios realizados, fue de 1 223 200 toneladas, considerando una longitud de afloramiento de 11 km, un espesor promedio del miembro mineralizado de 2 m, una profundidad máxima aprovechable de 20 m y un peso específico de 2.78. Este potencial necesariamente tendrá que ser verificado o certificado mediante trabajos a detalle.



Manto de Fosforita en una estructura mineralizada de geometría estratiforme.

5.2.5 Permisos y documentos que respaldan la confidencialidad de este informe

Toda la información obtenida durante el análisis y presentación de este documento, así como de los datos recopilados y elaborados con los diferentes medios de generación de los mismos (software, recintos bibliográficos, archivos, expedientes, datos levantados en campo, etc.) y la confidencialidad de los mismos y de sus créditos, son respaldados y generados a partir de los proyectos directamente desarrollados por el SGM.



Asunto: Autorización de uso de datos
Ciudad de México a 13 marzo del 2017

M.C. Brigido Santiago Carrasco
Gerente de la Gerencia Regional Centro
Servicio Geológico Mexicano
P r e s e n t e.

Por este conducto, solicito atentamente, me sea autorizado el uso de mis datos generados durante la realización de mis prácticas profesionales en la empresa, durante el período entre los días 3 y 21 de febrero del año en curso, en virtud de que realicé trabajos de campo y gabinete correspondientes a la cartografía geológica-minera, de la carta La Hediondilla G14-C54 y donde generé dichos resultados, bajo la supervisión del jefe de proyecto Ing. Marcos Torres Ramírez y el Coordinador de Cartografía M.C. Josué Crisanto Herrera Monreal.

El párrafo anterior se justifica debido a que tengo que entregar una serie de evidencias y actividades en la Universidad, con las cual comprobar mi participación en el proyecto, por lo que requiero ocupar los datos compilados durante mi estancia en el Servicio Geológico Mexicano, en la gerencia de Cartografía.

Sin más por el momento, quedo ante usted.

Atentamente

C. José De León España
|
Practicante-Pasante de Ingeniero Geólogo

A continuación, como forma de respaldar los datos y los diferentes temas que he generado en el presente documento, así como de la misma información geológica que produje durante mis distintas actividades dentro del SGM, muestro los documentos que constan del visto bueno y/o las autorizaciones de las autoridades pertinentes (funcionarios del SGM) que fueron mis supervisores durante mi estancia en el SGM.

Es información local, su uso es en temas académicos, no creo que haya mayor problema en dar la autorización

Saludos.



ING. JOSÉ ANTONIO LÓPEZ OJEDA
GERENTE DE GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA
SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

Tel. (771) 711 40 92 ext. 1353 / Blvd. Felipe Ángeles km 93.50-4, Col. Venta Prieta, Pachuca Hgo. C.P. 42083

www.sgm.gob.mx

Este correo es únicamente para el destinatario señalado; si usted no lo es, elimínelo de inmediato. La información aquí contenida puede ser objeto de consulta en términos de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental (LFTAIPIG).

This email is only for the intended recipient; if you aren't delete it immediately. The information contained herein may be consulted in terms of Federal Law for Transparency and Access to Public Government Information (Mexican law).



RPvIL-040
NMX-R-025-SCFI-2012
Vigencia:
Del 08-11-2013 al 08-11-2017



Enterado, de mi parte no tengo objeción al respecto, solo darle crédito de la información geológica utilizada al SGM. Saludos.



ING. RAMÓN MÉRIDA MONTIEL
SUBDIRECTOR DE GEOLOGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

Tel. (771) 711 30 63 y 40 92 ext. 1234 / Blvd. Felipe Ángeles km 93.50-4, Col. Venta Prieta, Pachuca Hgo. C.P. 42083

www.sgm.gob.mx

Este correo es únicamente para el destinatario señalado; si usted no lo es, elimínelo de inmediato. La información aquí contenida puede ser objeto de consulta en términos de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental (LFTAIPIG).

This email is only for the intended recipient; if you aren't delete it immediately. The information contained herein may be consulted in terms of Federal Law for Transparency and Access to Public Government Information (Mexican law).



RPvIL-040
NMX-R-025-SCFI-2012
Vigencia:
Del 08-11-2013 al 08-11-2017



5.3 Glosario

Aluvi3n:	Material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua.
Ambiente de dep3sito:	Parte de la superficie terrestre donde se acumulan sedimentos y se diferencia ffsica, qufmica y biol3gicamente de las zonas adyacentes.
Amonita:	Subclase de moluscos cefal3podos extintos que existieron en los mares desde el Dev3nico Medio (hace unos 400 m.a.) hasta finales del Cret3cico (hace 66 m.a). Gracias a su r3pida evoluci3n y distribuci3n mundial son excelentes f3siles gufa para la dataci3n de rocas y han posibilitado la elaboraci3n de sucesiones de biozonas de gran precisi3n bioestratigr3fica. <i>Amonites.</i>
Anticlinal:	Pliegue de la corteza terrestre que presenta los estratos m3s antiguos en su n3cleo. Se forman por los efectos tect3nicos de la din3mica terrestre.
Arcosa:	Arenisca de cuarzo, de grano mal redondeado, con un mfmimo de 25 % de feldespatos. Deriva de una erosi3n r3pida de rocas figneas o metam3rficas. <i>Arenisca feldesp3tica</i>
Arenisca:	Roca sedimentaria de tipo detrítico, de color variable, que contiene clastos de tamafo arena. Tras las lutitas son las rocas sedimentarias m3s comunes en la corteza terrestre.
Belemnita:	Grupo extinto de moluscos cefal3podos similares a los calamares y a las sepias actuales; posefan una concha interna que ha fosilizado con mucha frecuencia. Se extinguieron al final del Cret3cico (hace 65 m.a.),
Bioestratigrafia:	Disciplina encargada de correlacionar, gracias a los f3siles, unidades estratigr3ficas separadas en el espacio; es decir, establece la equivalencia cronol3gica.
Bloque tect3nico:	Regi3n elevada limitada por dos fallas normales, paralelas. <i>Macizo tect3nico.</i>
Boudinage:	Estructura geol3gica menor de origen tect3nico que se forma cuando un cuerpo tabular competente, m3s rfgido que la roca que le rodea, se deforma por estiramiento o aplastamiento, adapt3ndose la roca m3s pl3stica al contorno deformado.
Braqui3podo:	Filo de animales marinos con dos valvas (una superior y una inferior) que est3n unidas en la regi3n posterior. Generalmente son bent3nicos, o viven enterrados en sustratos blandos, donde excavan ayud3ndose de sus valvas, y forman extensas galerfas. Se han descrito m3s de 16.000 especies f3siles, pero existen unas 335. Aparecen en el registro f3sil desde el C3mbrico inferior (Sil3rico).

Cabalgadura:	Secuencia de fallas inversas, producto de una ruptura en la corteza de la Tierra a través de la cual se ha producido un desplazamiento relativo, en el que las rocas de posición estratigráfica inferior son empujadas hacia arriba, por encima de los estratos más recientes.
Carbonatación:	Reacción geoquímica en la que el hidróxido de calcio reacciona con el dióxido de carbono y forma carbonato cálcico insoluble, proveyendo rigidez a una secuencia litológica (estructura sedimentaria).
Cartografía:	Ciencia que se encarga de reunir y analizar medidas y datos de regiones de la Tierra, para representarlas gráficamente a diferentes dimensiones lineales. También se denomina cartografía al conjunto de documentos territoriales referidos a un ámbito concreto de estudio.
Chimenea:	Conducto por donde sale el magma de los volcanes a la superficie. Existen dos clases de chimeneas volcánicas: las usuales comunican la cámara magmática, situada dentro de la corteza terrestre con la superficie (<i>neck</i>), y existen otras chimeneas que comunican directamente el manto con la superficie, sin cámara magmática (<i>pipe</i>).
Ciencias de la Tierra:	Son las disciplinas de las ciencias naturales que estudian la estructura, morfología, evolución y dinámica del planeta Tierra. Su principal exponente es la Geología. Forman también parte de las ciencias planetarias, las cuales se ocupan del estudio de los planetas del Sistema Solar. <i>Geociencias</i>
Cizallamiento:	Zona de fallamiento caracterizada por un conjunto de patrones estructurales que describen esfuerzos y deformaciones de las rocas.
Coluvión:	Aluvión constituido por los granos más finos del limo y de la arena, transportados a corta distancia por la arroyada difusa. La formación de coluviones es característica de los terrenos llanos de vegetación abierta, como las sabanas y los campos de cultivo.
Coral:	Animales coloniales, formados por cientos o miles de individuos llamados zooides y pueden alcanzar grandes dimensiones. En aguas tropicales y subtropicales forman grandes arrecifes.
Cratón:	Masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico que, desde entonces, no ha sufrido fragmentaciones o deformaciones, al no haber sido afectadas por los movimientos orogénicos. Tienden a ser llanos, o presentan relieves bajos con formas redondeadas y de rocas frecuentemente arcaicas.
Deformación:	Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.
Delta:	Accidente geográfico formado en la desembocadura de un río por los sedimentos fluviales que ahí se depositan.

- Depósito aluvial:** Acumulación de material sedimentario en abanicos aluviales, cauces de corrientes fluviales, llanuras de inundación y deltas.
- Depósitos de cobre en capas rojas:** Tipo de yacimiento formado por la combinación de sedimentos de óxidos férricos responsables del color rojo de los lechos rojos; típicamente ocurren como un revestimiento sobre los granos de sedimentos. *Red Beds*
- Depósito lacustre:** Acumulación de material sedimentario que se sedimentan en lagos o estuarios.
- Ejido:** En México, el ejido es una propiedad rural de uso colectivo aún existente, y que fue de gran importancia en la vida agrícola de ese país.
- Epitermal:** Tipo de depósitos minerales de gran variedad en función de la mineralogía de las menas y de sus características texturales y espaciales (estructuras). Gobernados por fuentes magmáticas y/o volcánicas que proveen del enriquecimiento mineral.
- Equinoideo:** Clase de Equinodermos de forma globosa, carentes de brazos y con un esqueleto externo, cubierto sólo por la epidermis, constituido por numerosas placas calcáreas unidas entre sí rígidamente formando un caparazón, en las que se articulan las púas móviles. Viven en todos los fondos marinos, hasta los 2500 metros de profundidad. Han sido muy abundantes en diversas épocas geológicas desde su aparición en el Silúrico.
- Estilolita:** Contacto irregular que suele encontrarse en rocas carbonatadas (calizas – dolomías) y se producen por disolución cuando la roca se ve sometida a presiones elevadas.
- Fisiografía:** Rama de la geografía que estudia en forma sistémica y espacial, la superficie terrestre considerada en su conjunto como el espacio geográfico natural.
- Foraminífero:** Protistas ameboides principalmente marinos, caracterizados por un esqueleto o concha constituido por una o más cámaras interconectadas que fosilizan con relativa facilidad. Los septos que separan las cámaras están perforados por uno o más orificios de interconexión denominados forámenes (que dan nombre al grupo).
- Formación Geológica:** Unidad litoestratigráfica formal que define a los cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes como su composición y estructura, que las diferencian de las adyacentes. Es la principal unidad de división litoestratigráfica.
- Fósil:** Son los restos o señales de la actividad de organismos pretéritos. Dichos restos, conservados en las rocas sedimentarias, pueden haber sufrido transformaciones en su composición (por diagénesis) o deformaciones (por metamorfismo dinámico) más o menos intensas. Dicha ciencia además se ocupa del estudio de los organismos del pasado, estudia cuándo vivieron

dichos organismos y su tafonomía, que se ocupa de los procesos de fosilización.

Fosforita: Roca sedimentaria de origen químico que contienen al menos un 20% de P_2O_5 , en forma de fluorapatito criptocristalino, apatito o algún otro mineral que contenga fósforo y suelen presentarse generalmente en capas, también se puede presentar en forma de costras, esferulitas y nódulos en horizontes sedimentarios.

Gasterópodo: Clase más extensa del filo de los Moluscos que presentan área cefálica, un pie musculoso ventral y una concha dorsal; además, cuando son larvas, sufren el fenómeno de torsión, que es el giro de la masa visceral sobre el pie y la cabeza. Esto les permite esconder antes la cabeza en la concha, dándoles una clara ventaja evolutiva.

Geocronología: Ciencia que tiene como objetivo determinar la edad y sucesión cronológica de los acontecimientos geológicos en la historia de la Tierra. Se ocupa asimismo de establecer las unidades geocronológicas, unidades de tiempo discretas, continuas y sucesivas que proporcionan una escala temporal.

Geodesia: Área de las Ciencias de la Tierra y de la Ingeniería que trata del levantamiento y de la representación de la forma y de la superficie de la Tierra, global y parcial, con sus formas naturales y artificiales.

Geofísica: Ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina principalmente experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos.

Geología: Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico. Ofrece testimonios esenciales para comprender la tectónica de placas, la historia de la vida a través de la paleontología, y cómo fue la evolución de esta, además de los climas del pasado. En la actualidad la geología tiene una importancia fundamental en la exploración de yacimientos minerales (minería) y de hidrocarburos (petróleo y gas natural), y la evaluación de recursos hídricos subterráneos (hidrogeología). También tiene importancia fundamental en la prevención y entendimiento de desastres naturales como remoción de masas en general, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, entre otros. Aporta conocimientos clave en la solución de problemas de contaminación

medioambiental, y provee información sobre los cambios climáticos del pasado. Juega también un rol importante en la geotecnia y la ingeniería civil. También se trata de una disciplina académica con importantes ramas de investigación. Por extensión, han surgido nuevas ramas del estudio del resto de los cuerpos y materia del sistema solar (astrogeología o geología planetaria).

Geología ambiental: Campo multidisciplinar de aplicación científica que está relacionado con la ingeniería geológica y con la geografía ambiental, implicada en el estudio de la interacción de los humanos con el entorno geológico incluyendo la biosfera, la litosfera, la hidrosfera, y hasta cierto punto, la atmósfera terrestre.

Geología Económica: Esta rama de la Geología se encarga del estudio de las rocas con el fin de encontrar depósitos minerales que puedan ser explotados con un beneficio práctico o económico. La explotación de estos recursos se conoce como minería.

Geología Estructural: Rama de la geología que se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y entiende la arquitectura de la corteza terrestre y su relación espacial, determinando las deformaciones que presenta y la geometría subcortical de las estructuras rocosas.

Geoquímica: Especialidad de las ciencias naturales que, sobre la base de la geología y de la química, estudia la composición y dinámica de los elementos químicos en la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa, su distribución así como la migración de dichos elementos entre las diferentes geósferas que conforman la Tierra (litósfera, hidrósfera, atmósfera y biósfera) utilizando como principales evidencias las transformaciones de rocas y minerales componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes sobre las cuales se basa tal distribución.

Geomorfología: Rama de la geografía física y de la geología que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y su actual comportamiento.

Geotermia: Rama de la geofísica que se dedica al estudio de las condiciones térmicas de la Tierra. Se define como la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta y su relación como fuente latente en la producción alterna de energía.

Grauvaca: Roca detrítica formada por la consolidación de los minerales que resultan de la disgregación del granito. Constan de mica, feldespatos y otros constituyentes incluyendo el cuarzo (aunque en proporciones mucho menores); todos esos elementos se hallan unidos por una matriz, también detrítica, y un cemento.

- Hidrogeología:** Ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas), así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.
- Hidrotermalismo:** Proceso geológico que refiere a la convección de agua en sus diversos estados a través de rocas y depósitos de sedimentos. La circulación hidrotermal es una de las principales maneras de interacción entre la tierra sólida y la hidrosfera y atmósfera.
- Hornfels:** Tipo de roca metamórfica de contacto, capaz de resistir la acción glacial, que se produce al hornearse y endurecerse por el calor de las masas ígneas intrusivas.
- Industria metalúrgica:** Técnica de la obtención y tratamiento de los metales a partir de minerales metálicos. También estudia la producción de aleaciones, el control de calidad de los procesos. La metalúrgica es la rama que aprovecha la ciencia, la tecnología y el arte de obtener metales y minerales industriales, partiendo de sus menas, de una manera eficiente, económica y con resguardo del ambiente, a fin de adaptar dichos recursos en beneficio del desarrollo y bienestar de la humanidad.
- Industria siderúrgica:** Técnica del tratamiento del mineral de hierro para obtener diferentes tipos de éste o de sus aleaciones. El proceso de transformación del mineral de hierro comienza desde su extracción en las minas.
- IOCG:** Son concentraciones minerales importantes y altamente valiosas de cobre, oro y uranio alojados en conjuntos de ganga dominantes de óxido de hierro que comparten un origen genético común.
- Isótopo:** Átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto, difieren en número másico.
- Ley de corte:** Medida que describe el grado de concentración de recursos naturales valiosos (metales-minerales) presentes en una mena. Se utiliza para determinar la viabilidad económica de una operación de explotación minera: el costo de extraer recursos naturales desde su yacimiento se relaciona directamente con su concentración.
- Limolita:** Roca sedimentaria que tiene un tamaño de grano en el rango de limo más fino que la arenisca y más grueso que arcillas.
- Lutita:** Roca sedimentaria detrítica o clástica de textura pelítica; es decir, integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de los tamaños de la arcilla y del limo. En las lutitas negras el color se debe a existencia de materia orgánica.

- Mar epicontinental:** Masa de agua salada con una gran extensión pero con escasa profundidad que se extiende sobre una plataforma continental. Los mares epicontinentales se suelen asociar con las regresiones marinas de principios del Cenozoico.
- Mina:** Conjunto de labores o huecos necesarios para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas anexas para el tratamiento del mineral extraído. Las minas también reciben el nombre de *explotaciones mineras*.
- Mineral:** Sólido inorgánico de origen natural, que presenta una composición química no fija, además tiene una estructura cristalina. Los minerales se originan por procesos geológicos tanto internos (tectonismo y vulcanismo) que son extraídos del subsuelo, como externos son sacados de algunas cuevas o cavernas, etc.
- Mineralogía:** Rama de la geología que estudia las propiedades físicoquímicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación.
- Mississippi Valley:** 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.
- Nódulo:** Concreción contenida en algunas rocas o que se ha formado en el fondo del mar. Por lo general tiene forma globular muy pequeña, donde en el seno de una roca se ha concentrado en alto grado uno de los componentes de ésta.
- Oncolito:** Estructuras sedimentarias esféricas u ovoides de origen orgánico, formadas por capas concéntricas de carbonato cálcico.
- Ooide:** Pequeñas esferas carbonatadas de origen sedimentario, con un diámetro de entre 0,5 y 2 mm. *Oolito*
- Orogenia Larámide:** Proceso de formación de montañas (orogénesis) que se produjo en el oeste de Norteamérica y que comenzó en el Cretácico superior hace unos 70 a 80 m.a. y terminó hace 20 a 55 m.a. La Orogenia se produjo en una serie de impulsos, alternadas con fases de inactividad. La principal consecuencia fue la formación de las Montañas Rocosas, pero pruebas de esta orogénesis se puede encontrar desde Alaska hasta el norte de México,
- Paleogeografía:** Estudio que tiene como objetivo la reconstrucción de las condiciones geográficas existentes en la superficie terrestre a lo largo de los tiempos geológicos.

- Paleontología:** Ciencia natural que estudia e interpreta el pasado de la vida sobre la Tierra a través de los fósiles. Se encuadra dentro de las ciencias naturales, posee un cuerpo de doctrina propio y comparte fundamentos y métodos con la geología y la biología con las que se integra estrechamente. Entre sus objetivos están, además de la reconstrucción de los seres vivos que vivieron en el pasado, el estudio de su origen, de sus cambios en el tiempo (evolución y filogenia), de las relaciones entre ellos y con su entorno (paleoecología), de su distribución espacial y migraciones (paleobiogeografía), de las extinciones, de los procesos de fosilización (tafonomía) o de la correlación y datación de las rocas que los contienen (bioestratigrafía). La Paleontología permite entender la actual composición (biodiversidad) y distribución de los seres vivos sobre la Tierra (biogeografía).
- Pegmatita:** Roca ígnea que tiene un tamaño de grano que ronda los 20 mm. Las rocas con este tamaño de grano se dice que tienen textura pegmatítica.
- Pelecípodo:** Animales marinos de la clase del filo Mollusca que presentan un caparazón con dos valvas laterales, generalmente simétricas, unidas por una bisagra y ligamentos. Dichas valvas se cierran por acción de uno o dos músculos aductores. Se les encuentra enterrados en fondos blandos o libres sobre los fondos. Algunas especies perforan el sustrato (roca o madera) y algunas más son comensales o parásitas.
- Percepción Remota:** Es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos o que no están en contacto directo con el objeto (como por ejemplo aviones, satélites, astronave, boyas o barcos).
- Pisoide:** Pequeñas esferas carbonatadas de dimensiones superiores a 2 mm; formadas por un núcleo que puede ser cualquier corpúsculo detrítico sobre el cual han acrecido gránulos de concentrados de calcita (CaCO_3) microcristalina. *Pisolito*
- Pliegue:** Deformación de las rocas, generalmente sedimentarias, en la que elementos de carácter horizontal, como los estratos o los planos de esquistosidad (en el caso de rocas metamórficas), quedan curvados formando ondulaciones alargadas y de direcciones más o menos paralelas entre sí.
- Pórfido:** Tipo de mineralización de origen magmático e hidrotermal. Constituyen la principal fuente de extracción tanto de cobre como de molibdeno. Se pueden subdividir en dos grupos: los yacimientos donde prima el molibdeno y aquellos donde prima el cobre, también conocidos como Mo-(Cu) y Cu-(Mo), respectivamente.
- Precámbrico:** División informal de la escala temporal geológica, es la primera y más larga etapa de la historia de la Tierra (más del 88 %), que engloba los eones Hádico,

Arcaico y Proterozoico. Este supereón comenzó cuando se formó la Tierra, hace entre 4567,9 - 4570,1 m.a. y terminó hace 542,0 ($\pm 1,0$) m.a.

- Provincia Metalogenética:** Son regiones en las que una serie de depósitos minerales poseen características comunes.
- Recumbente:** Tipo de pliegue cuyo plano axial es esencialmente horizontal.
- Relieve:** Término que determina a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera en la superficie, tanto en relación con las tierras emergidas como en cuanto al relieve oceánico.
- Reserva:** La porción de los recursos identificados de la cual puede extraerse económica y legalmente un producto mineral o energético en la época de la evaluación. El término *mena* se usa para denotar las reservas de algunos minerales.
- Reservas probadas:** Material para el cual los estimativos de su calidad y cantidad se han computado dentro de un margen de error inferior al 20%, a partir de análisis de muestras y medidas hechas a espacios muy cercanos unos a otros y en sitios de muestreo bien conocidos geológicamente. *Reservas 1 - P*
- Reservas probables:** Material para el cual los estimativos acerca de su cantidad y calidad se han computado parcialmente de análisis de muestras y medidas y en parte de proyecciones geológicas razonables. *Reservas 2 - P*
- Reservas posibles:** Material dentro de los recursos demostrados localizados en extensiones no exploradas y para el cual los estimativos de su calidad y tamaño se basan en evidencias geológicas y en proyecciones. *Reservas 3 - P*
- Riesgos geológicos:** Conjunto de amenazas o peligros para los recursos y las actividades humanas, derivados de procesos geológicos de origen interno (endógenos), externos (exógenos) o de una combinación de ambos.
- Roca:** Conjunto de materiales sólidos, formados por cristales de uno o más minerales, de que está hecha la parte sólida de la Tierra y otros cuerpos planetarios.
- Secuencia sedimentaria:** Cuerpo estratiforme cartografiable compuesto por rocas sedimentarias que se identifica por las discontinuidades que delimitan su techo y muro.
- SedEx – Sedimentario Exhalativos:** Depósito mineral formado por la liberación de fluidos hidrotermales que contienen minerales en un depósito de agua (generalmente el océano), resultando de la precipitación del mineral estratiforme. Son la fuente más importante de plomo, zinc y barita, además de ser un importante contribuyente de plata, cobre, oro, bismuto y tungsteno. *Sedimentario Exhalativos*
- Sedimentación:** Proceso por el cual los materiales transportados por distintos agentes (ríos, glaciares, viento) y procedentes de la erosión y la meteorización de las rocas son depositados, pasando a ser sedimentos.
- Sedimento:** Material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, variaciones de

temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos).

- Sinclinal:** Pliegue de la corteza terrestre que presenta los estratos más recientes en su núcleo. Se forman por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.
- Skarn:** Roca o zona metamorfozada alrededor de una intrusión ígnea que se caracteriza por consistir en una roca carbonatada con minerales producto de metasomatismo.
- Sulfuros Masivos Vulcanogénicos (VMS):** Conjunto de depósitos que corresponden a cuerpos estratiformes o lenticulares de sulfuros presentes en unidades volcánicas o en interfases volcánico-sedimentarias depositadas originalmente en fondos oceánicos.
- Tajo abierto:** Obra de explotación minera que se desarrolla en la superficie del terreno. Para la explotación de este tipo de minas es necesario excavar con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento.
- Tectónica:** Especialidad de la geología que estudia las estructuras geológicas producidas por la deformación de la corteza terrestre, las que las rocas adquieren después de haberse formado, así como los procesos que las originan.
- Topografía:** Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.
- Transgresión marina:** Evento geológico por el cual el mar ocupa un terreno continental, desplazándose la línea costera tierra adentro. Estas inundaciones se pueden producir por hundimiento de la costa y/o por la elevación del nivel del mar (fusión de glaciares).
- Veta:** Estructura de relleno de cavidades dentro de una secuencia pétreo, por medio de minerales que han sido colmados por la presencia de una fisura.
- Yacimientos de Placer:** Yacimientos secundarios formados por concentración mecánica de ciertos minerales tras la denudación de los yacimientos primarios. El mineral ha sido removido de su lugar de origen y aparece asociado a otros materiales diferentes a los que componían la roca madre.
- Yacimiento mineral:** Depósito mineral en el cual la calidad y cantidad de los minerales presentes justifica una mayor serie de estudios, los cuales tienen por objetivo definir en cantidad, calidad, profundidad y dimensión dicho yacimiento con el fin de desarrollar las posteriores actividades mineras para que la explotación del yacimiento sea económicamente rentable con las tecnologías actuales.