



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

LOS ÓPALOS DEL DISTRITO MINERO DE
TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO.

TESINA PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

PRESENTA

ARNOLDO CUERVO COLUNGA

DIRECTOR DE TESINA

ING. ALFREDO VICTORIA MORALES

MÉXICO, D.F. Enero 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradezco a mi esposa por su paciencia.

A mis hijas por su apoyo.

A mis profesores por sus aportes, ayuda y amistad.

Contenido

INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS.....	9
MÉTODO DE TRABAJO.....	11
1.- El ópalo, aspectos generales.....	14
1.1.- Definición.....	14
1.2.- Principales localidades del ópalo a nivel mundial.	14
2.- Clasificación del ópalo.	16
2.1.- La Clasificación Mineralógica.	16
2.2.- La clasificación realizada mediante espectrometría Raman..	23
2.3.- La Clasificación Genética.	24
2.4.- La Clasificación Gemológica.	25
2.5.- Otras clasificaciones.....	26
2.6.- Variedades comerciales.....	28
3.- Características y propiedades del ópalo.	40
3.1.- Propiedades físicas.	40
3.2.- Efectos luminosos.....	42
3.3.- Composición química.	44
3.4.- Formación del ópalo.	45
3.5.- Ópalos sedimentarios.....	48
3.6.- Ópalos volcánicos.....	49
4.- Los ópalos en México.	54
4.1.- Reseña histórica.....	54

4.2.- Yacimientos de ópalo en México.	55
5.- El Estado de Querétaro	56
5.1.- Localización.	56
5.2.-Regiones Mineras del Estado de Querétaro	58
5.3.- Distrito Opalífero de Tequisquiapan.....	64
5.3.1.- Localización.	64
5.3.2.- Los yacimientos de ópalo en el Distrito Opalífero de Tequisquiapan.	66
5.4.- Concesiones y asignaciones mineras	67
5.5.- Concesiones y asignaciones mineras, Zona Opalífera de Tequisquiapan. Municipios de San Juan del Rio y Tequisquiapan.	68
5.5.1.- Municipio de San Juan del Rio.....	68
5.5.2- Municipio deTequisquiapan.....	71
5.5.3- Concesiones y asignaciones mineras, zona opalífera Tequisquiapan. Municipios de San Juan del Rio y Tequisquiapan. Lotificación.	73
6.- La Comunidad de La Trinidad.....	74
6.1.- Localización. Vía de acceso.....	74
6.2.- Actividades mineras de la Comunidad de La Trinidad.....	75
6.3.- Extracción del ópalo.	78
6.4.- Procesamiento del ópalo.....	92
6.4.1.-Talleres lapidarios.....	92
6.4.2.- Producción en la zona opalífera de Tequisquiapan.	95
6.4.3.- Calidad gemológica.....	98
6.4.4.- Desestabilización del ópalo.....	101

6.4.5.- Usos del ópalo.....	101
7.- Prestación del Servicio social.....	103
7.1.- Informes bimestrales del servicio social.....	107
8.-Conclusiones.....	111
Anexo.....	117
Tríptico 1: La seguridad en las minas a cielo abierto.....	119
Tríptico 2: Requerimientos administrativos, y trámites administrativos para las actividades mineras.....	121
GLOSARIO	123
BIBLIOGRAFÍA	127
CONSULTAS HEMEROGRÁFICAS	130
PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS.....	134

INTRODUCCIÓN

Esta tesina surge a partir de la necesidad de conocer el proceso productivo del ópalo de la comunidad de La Trinidad del municipio de San Juan del Rio, en el estado de Querétaro, México y se plantea el apoyo a pequeños mineros mediante la prestación del servicio social efectuado en el programa denominado: “Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro.” Con clave DGOSE: 2012-12/81-3413. Cuyo objetivo es el de realizar estudios geológicos y mineros en alguna de las minas del distrito opalífero de Tequisquiapan para conocer las condiciones de formación del ópalo y las condiciones de trabajo de los mineros. Este proyecto está a cargo del Ingeniero Alfredo Victoria Morales.

Este trabajo se realizó en la mina El Redentor, ubicada dentro de la concesión minera de La Guadalupana situada en la comunidad de la Trinidad, e inscrita en el municipio de San Juan del Rio, en el estado de Querétaro, México.

El proceso de obtención del ópalo en México, es actualmente, un proceso con mucha mano de obra y muy parecido al que se utilizaba en el siglo XVIII el cual “se caracteriza por detentar una producción

rudimentaria e individual, expresada particularmente en rezago tecnológico, carencia de organización y desconfianza entre productores, déficit de mano de obra calificada y problemas de comercialización” (SE , 2013).

México, es uno de los países que cuenta con el privilegio de tener los yacimientos más extensos y mejor conocidos de ópalo volcánico en los estados de Chihuahua, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí.

Debido a que en México se cuenta con la variedad llamada ópalo de fuego y a la rareza de las piezas que se obtienen, se tiene una ventaja competitiva en el mercado internacional.

Actualmente el proceso de manufactura del ópalo es artesanal y lejos de quitarle valor, la creatividad de los artesanos mexicanos es fuertemente apreciada en todo el mundo.

Sin embargo es importante señalar que el desconocimiento de algunos requerimientos legales y

de seguridad puede influir negativamente en la producción del ópalo en nuestro país.

El estudio parcial de la extensa bibliografía sobre el ópalo, de los factores y los sectores que inciden en el proceso puede repercutir en la elucidación y comprensión de la realidad actual de esta actividad, para incidir de manera positiva y propiciar incrementos en la productividad y competitividad en el mercado.

Conocer las gestiones que tiene que realizar cualquier persona que desee obtener una concesión para la exploración, extracción y beneficio de algún mineral, en México, así como las dependencias a las que se tiene que recurrir para la obtención de los permisos y realización de trámites, permite orientar a los mineros en las tareas necesarias para su labor.

Este trabajo pretende conocer los procesos de extracción, producción, comercialización del ópalo y además apoyar a los pequeños mineros para facilitarles los trámites en la obtención y conservación de concesiones así como enseñarles las medidas de seguridad básicas en la mina, mediante la información proporcionada en trípticos.

OBJETIVOS

Investigar el desarrollo de la industria del ópalo en el Distrito Opalífero de Tequisquiapan en el Estado de Querétaro, para analizar el proceso de extracción de ópalos en la mina del Redentor en el estado de Querétaro, y contribuir al conocimiento del proceso productivo del ópalo mediante un estudio de caso realizado en las minas del distrito opalífero del estado de Querétaro.

Realizar investigación bibliográfica acerca del ópalo y sus características mineralógicas para relacionarlo con los ópalos obtenidos en la mina del Redentor en el estado de Querétaro

Estudiar y conocer los requerimientos, trámites, procedimientos administrativos más relevantes de la actividad minera y tarifas actuales que se devengan por las actividades mineras en México, para hacerlos del conocimiento de los mineros de la zona y así propiciar que conozcan su situación legal.

Mediante este trabajo se pretende contribuir al conocimiento del proceso productivo del ópalo, de las medidas de seguridad básicas en las minas de ópalo y

de los requerimientos administrativos, y de las dependencias e instituciones involucradas, así como los requisitos, trámites, procedimientos y los costos más significativos respecto a la actividad minera.

MÉTODO DE TRABAJO.

Durante **la primera etapa** del presente trabajo desarrollado se planearon las visitas a las minas, se llevó a cabo la investigación bibliográfica y hemerográfica acerca del ópalo. Se realizaron visitas a la comunidad de La Trinidad y a las minas cercanas como: La Carbonera y El Redentor.

En esta etapa se realizaron entrevistas a algunos concesionarios de las minas, a las personas que comercian los ópalos y a algunos mineros.

En la segunda etapa, hubo continuidad en las visitas a la comunidad de La Trinidad y a las minas cercanas, además se presenciaron y observaron en diversas ocasiones las operaciones de explotación que se llevan a cabo actualmente en estas minas.

Se investigó acerca del método de explotación que se utiliza actualmente en las minas de ópalo en México así como los utilizados en otras minas de ópalos del mundo.

Se amplió la investigación acerca del ópalo en la hemeroteca y en la biblioteca nacional así como en páginas electrónicas.

Se llevó a cabo una investigación en la comunidad, así como en medios electrónicos acerca de la explotación, valoración y comercialización del ópalo. Así como las medidas de seguridad que se requieren en este tipo de minas.

En la tercera etapa se continuaron las visitas programadas a la mina El Redentor para presenciar y registrar detalladamente el proceso de explotación en esta mina.

Se realizaron trabajos en los talleres de lapidaria o procesamiento del ópalo, en donde se aprendieron las técnicas de lapidaria en donde se cortaron muestras de roca y se pulieron ópalos.

En esta última etapa, se investigó acerca de los factores que inciden en el proceso productivo del ópalo.

Se analizó lo observado y se puntualizaron las áreas de oportunidad como:

- 1.- las técnicas de extracción del ópalo
- 2.- la falta de mano de obra calificada
- 3.- la comercialización del ópalo

Se repartió información por medio de trípticos acerca de:

- 1.-Requerimientos administrativos y dependencias para realizar los trámites para las actividades mineras.
- 2.-La seguridad de los trabajadores, con la finalidad de orientar a los pequeños mineros de la región.

1.- El ópalo, aspectos generales.

1.1.- Definición.

El ópalo es un mineral no metálico, amorfo. Es una gema, constituida por gel de sílice solidificada, cuya composición es dióxido de silicio con agua ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, la palabra ópalo viene del latín opalus, éste del griego opallios que significa literalmente “ver un cambio de color” y del sánscrito úpala que significa piedra preciosa.

1.2.- Principales localidades del ópalo a nivel mundial.

El ópalo se ha localizado en Australia, Brasil, México, Etiopía, República Checa, Perú, Francia, Siberia. Kazajistán. (Eckert, 1997).

En 1884, Santiago Ramírez afirmaba en su Noticia Histórica de la Riqueza Minera de México, que los

estudiosos de la Geología ya mencionaban los ópalos de México, desde principios del siglo XIX y que se presentaban en varios Estados de la República Mexicana, como: Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Hidalgo, Guerrero y San Luis Potosí. (Ramírez, 1884).

2.- Clasificación del ópalo.

El ópalo se puede clasificar de diferentes formas: desde el punto de vista mineralógico, la realizada mediante espectrometría Raman, la considerada a partir del origen o clasificación genética, la clasificación gemológica, entre otras que se mencionan a continuación.

2.1.- La Clasificación Mineralógica.

Está basada en la estructura interna y composición mineralógica de los ópalos.

En los ópalos se puede apreciar en difracción de rayos x, nano granos de cerca de 20nm que forman cristales de alfa – cristobalita y que pueden asociarse en una dimensión para formar bastones que parecen barras.

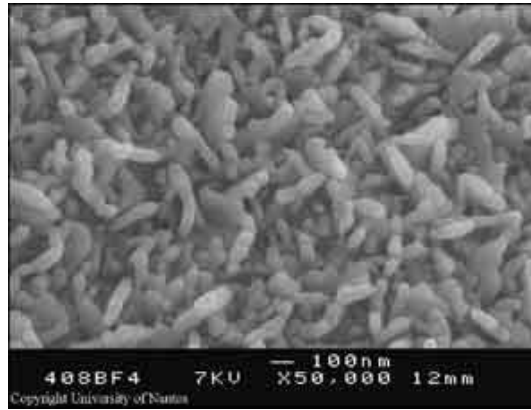


Figura1.-Ejemplo de Cristales de alfa – cristobalita que pueden asociarse en una dimensión para formar bastones que parecen barras.<http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostructureopalecom.pdf>

Cuando estos nanogranos se asocian de tal manera que forman una distribución que es esférica, se le llama lepisfera.

Las lepisferas son partículas microscópicas que pueden tener diámetros diferentes de entre 150 a 300 nm (0.00015-0.00030 de milímetro) y se encuentran como estructuras empaquetadas en un enrejado tridimensional.

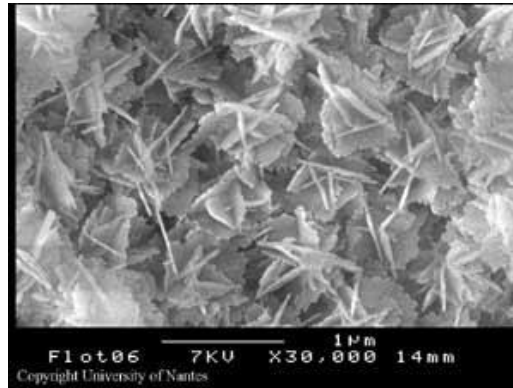


Figura 2.- Ejemplo de lepisferas que pueden tener diámetros diferentes y se encuentran como estructuras empaquetadas en un enrejado tridimensional.

<http://www.geminterest.com/download/articles/articlenanomicrostructureopalecom.pdf>.

Existen muchas variaciones de la estructura del ópalo basadas en diferentes arreglos de los nanos granos o de las lepisferas.

La estructura es determinada por difracción de rayos X y propone la existencia de tres tipos de ópalo, dependiendo de su cristalinidad: (Jones et Segnit, 1971).

a.- Ópalo C formado por diminutas lepisferas de α -cristobalita, con una cantidad muy pequeña de α -tridimita, ópalo cristalino.

b.- Ópalo CT (α -cristobalita desordenada y α -tridimita); ópalo cristalino, con desorden estructural, formado por

diminutas lepisferas compuestas por capas sucesivas de cristobalita y tridimita, de igual tamaño, dispuestas en forma de estructuras empaquetadas.

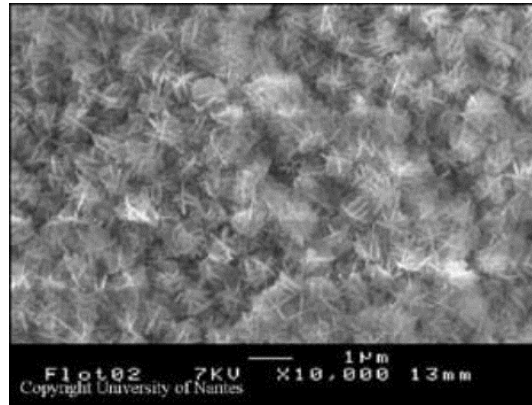


Figura 3.- Estructura desordenada las lepisferas que son generalmente todas de la misma dimensión, ópalo del tipo CT (Cristobalita-Tridimita correspondiente a alfa-cristobalita desordenada en difracción de rayos X y microscopio electrónico de transmisión. Ópalo común encontrado en ambientes volcánicos. Sin juego de colores.<http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostructureopalecom.pdf>

La mayor parte de los ópalos de este grupo son ópalos comunes. El ópalo de tipo CT o C (más raro de encontrar) generalmente corresponde a los depósitos volcánicos clásicos como en México, Etiopía, Honduras y Kazajistán, algunos yacimientos menos conocidos de Brasil y Tintenbar en Australia (Fitsch 2004a).

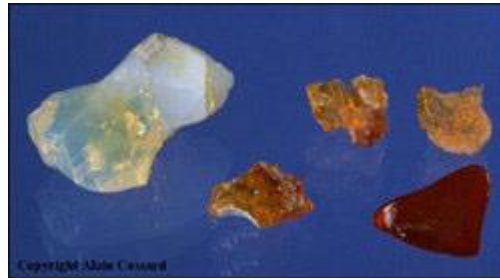


Figura 4.- Ejemplos del ópalo mexicano en su mayoría de origen volcánico, generalmente cristalino de tipo CT y presenta una gran variedad de morfologías a escala nanométricas. http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostruct_ureopalecom.pdf

c.- Ópalo A (muy desordenado, casi amorfo). Ópalo no cristalino. Este grupo engloba la mayor parte de los ópalos nobles australianos, los ópalos comunes del tipo A, llamados patch, las diatomitas, geiseritas y las hialitas.

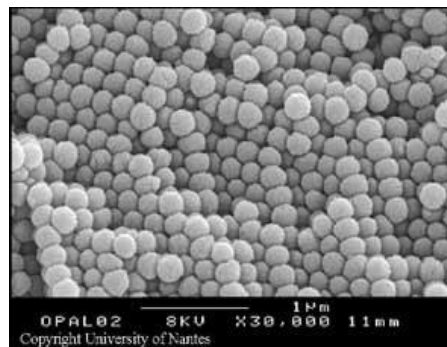


Figura 5. Ejemplo de Ópalo del tipo A (amorfos en difracción de rayos X Siguiendo la clasificación de Jones y Segnit (1971) Gema australiana sedimentaria. http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostruct_ureopalecom.pdf

El ópalo de tipo A es normalmente sedimentario, y son los que provienen de los yacimientos clásicos como

aquellos de sur y centro de Australia y del Estado de Piauí en Brasil.

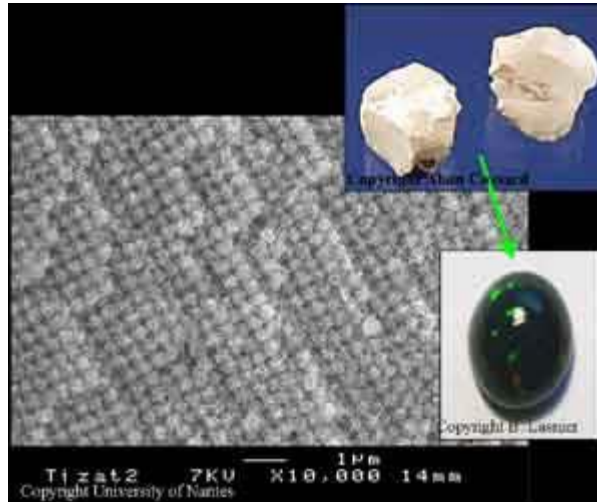


Figura 6.-Muestra una red organizada de lepisferas de aproximadamente 250 nm juego de colores a partir de un ópalo blanco que al ser tratado térmicamente llega a ser negro y en lugar de difuminar la luz la difracta.

<http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostruct ureopalcom.pdf>

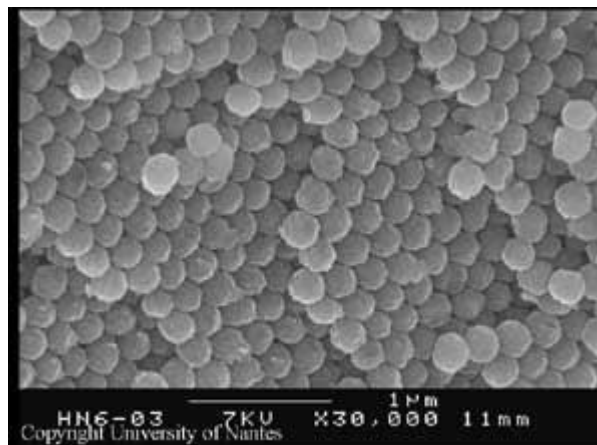


Figura 7.- Ejemplo de una red organizada de lepisferas de un Ópalo A de Honduras.

<http://www.geminterest.com/download/articles/articlenanomicrostruct ureopalcom.pdf>

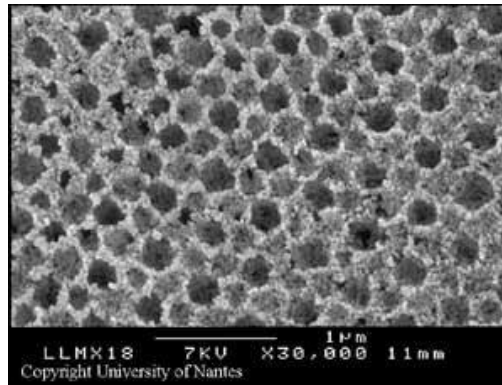


Figura 8.- Ejemplo de una red organizada Después de ser atacada con HF>ácido fluorhídrico en donde es posible ver la estructura en donde las lepisferas fueron disueltas.
<http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostructureopalecom.pdf>

Debido a esa estructura que funciona como una red, y a la regularidad en la disposición y tamaño de las esferas que forman el ópalo, es posible la dispersión de la luz y esto da como resultado el juego de colores. (Sanders, 1964).

Una organización de lepisferas de mala calidad es decir que la red esta desordenada o que no sean del mismo tamaño da como resultado juego de colores débiles o escalonados. (Fritsch, 2004 b).

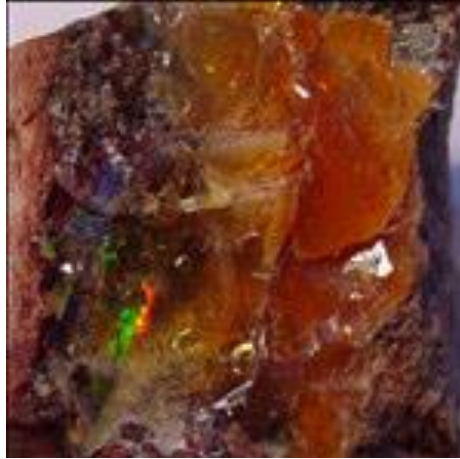


Figura 9.- Ejemplo de un ópalo con juego de colores escalonados, cuya organización de lepisferas de mala calidad da como resultado juego de colores débiles o escalonados

Los ópalos de origen volcánico, son más cristalinos que los ópalos de tipo A, de origen sedimentario. (Ostrooumov et al., 1999).

El Ópalo es la única gema conocida capaz de dispersar los rayos de luz y transformarlos en los colores del arco iris que pueden ir desde el rojo hasta el violeta.

2.2.- La clasificación realizada mediante espectrometría Raman.

Debido a las diferencias micros estructurales entre el ópalo A y el ópalo CT, se han podido caracterizar y

clasificar por medio de espectrometría Raman estos dos tipos de ópalo: (Ostrooumov et al., 1999).

La estructura del ópalo A está formada por esferas de tamaño adecuado a la difracción de la luz visible (150–350nm) y apiladas regularmente.

El ópalo CT, está formado por granos finos y que tiene una serie de estructuras variadas, que se comportan de una manera diferente ante los tratamientos térmicos. (Aguilar, 2005 citando a Bustillo et al, 2000).

2.3.- La Clasificación Genética.

La Clasificación Genética, considerada a partir de la temperatura del origen de formación del ópalo, propone dos grupos:

Los sedimentarios o de baja temperatura, provenientes de Eslovaquia y de Australia y también llamados ópalo A, cuya temperatura de formación es inferior a los 30°C. (Fritsch et al., 2004 a; Rondeau et al., 2004).

Los volcánicos o de alta temperatura, son provenientes de México, Estados Unidos, Honduras, Indonesia, llamados ópalos CT cuya temperatura de

formación es de hasta los 170°C. (Fritsch et al., 2004 a; Rondeau et al., 2004).

2.4.- La Clasificación Gemológica.

La clasificación gemológica divide a los ópalos en dos grandes grupos, los ópalos nobles y los ópalos comunes en función de la presencia o ausencia del juego de colores respectivamente. (Fritsch et al. 2004).

En los ópalos nobles también llamados finos o preciosos la disposición y el tamaño de las esferas que forman el ópalo hacen posible el juego de colores. Pueden ser transparentes, translúcidos e incluso opacos, lo normal es que luzcan este efecto óptico especial en mayor o menor intensidad y belleza. Su peculiaridad es su opalescencia, consistente en una irización (reflejo, fulgor) en forma de arco iris que varía según el ángulo en que se mire. (Schumann, 1997).

En los ópalos comunes no se encuentra juego de colores sin embargo, algunos muestran un color en su masa característica. Es opaco, en raras ocasiones translúcido. (Sanders, 1964; Schumann, 1997).

2.5.- Otras clasificaciones.

Se utilizan otras clasificaciones para los ópalos, dependiendo del color, la apariencia del juego de colores y la transparencia, incluso si todos se engloban en las dos grandes divisiones de ópalos: nobles y comunes.

No hay una lista bien determinada que agrupe a todos los ópalos que existen, sin embargo a continuación se muestran algunas clasificaciones utilizadas:

a.- Una clasificación, es la que usan los mineros de Australia y los clasifican como opacos y traslúcidos o transparentes. (Aguilar, 2004 cita a Smallwood ,1997).

b.- Ramírez Santiago en su obra antes citada menciona que el Sr D. Andrés del Río, en la parte práctica de su libro Elementos de Orictognosia publicada en 1832 establece siete divisiones del ópalo: Ópalo fino, Ópalo común, Semiópalo, Xilópalo, Jaspeópalo, Hialita y Menilia; Siendo esta clasificación una de las primeras clasificaciones documentadas. Menciona también que el Ópalo de Fuego es una variedad del ópalo común de color rojo de Jacinto o de

Aurora cuya descripción publicó en “La Gaceta de México”, correspondiente al 12 de noviembre de 1802.

c.- Otra clasificación más reciente los divide en tres grupos según su calidad: finos, medianos y corrientes. (Ávila, 1974).

Los ópalos finos presentan cambios intensos de coloración; son transparentes o translúcidos y presentan un lustre vítreo, tienen gran juego de colores y alta dureza.

Los ópalos de calidad media corresponden en general a ópalos de colores pálidos, semi opacos, son transparentes y a veces presentan juego de colores y tienen alta dureza.

Los ópalos corrientes son opacos o translúcidos y presentan poco o nulo juego de colores y tienen baja dureza.

d.- La siguiente clasificación codifica las diferentes tonalidades del ópalo con la letra N y un número del 1 al 9 negro a blanco (ligero, transparente).

También se clasifican con esta escala los ópalos que presentan tonalidades anaranjadas amarilla o rojas. (Aguilar, 2004 cita a Smallwood ,1997).

N1-N4: ópalo negro.

N5-N6: ópalo oscuro.

N7-N9: ópalo claro.

2.6.- Variedades comerciales.

Algunas variedades comerciales con nombres específicos son: (Aguilar, 2004; Cornelius et al 1997; Caride de Liñán, 1992).

Abanderado: Ópalo noble de fuego transparente o translúcido, rojo, naranja o amarillo con fuego en bandas o cintas.

Ágata: Ópalo común que puede ser translúcido u opaco, color blanco lechoso, amarillo, verde, rojo etc. Presenta bandas claras y oscuras, como las ágatas.

Anaranjado: Ópalo de fuego de color naranja.



Figura 10.- Ópalo de Fuego de color naranja montado en oro, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Arlequín: Ópalo noble con colores en formas diversas y contornos angulosos, juego de colores muy vivos.

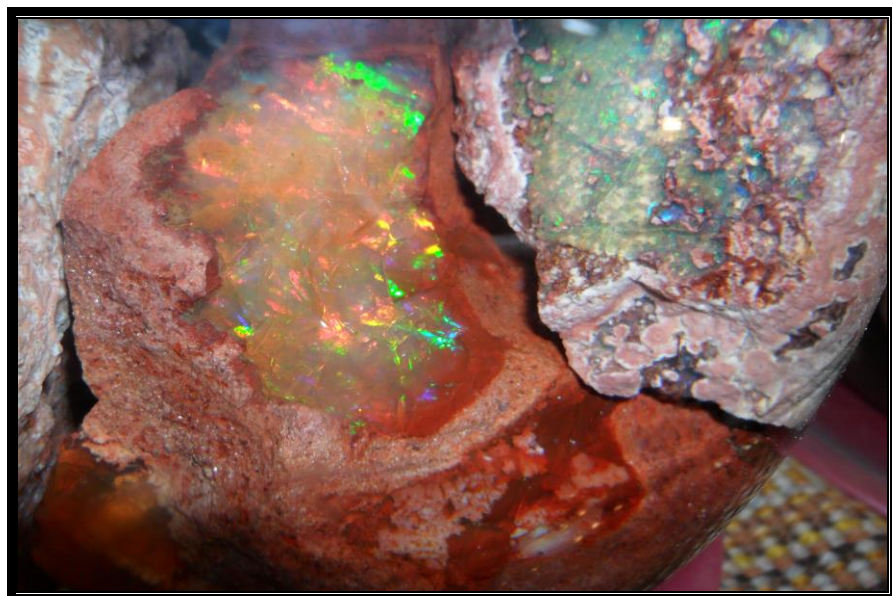
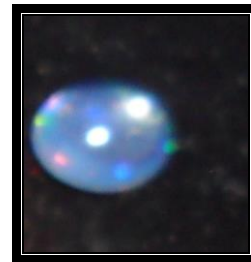
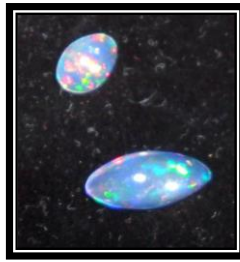


Figura 11.- Ópalo Arlequín del lado izquierdo y Ópalo Pavorreal del lado derecho, en bruto. Foto tomada en las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Azul: Ópalo noble transparente con intenso juego de color verde, rojo y naranja.



Figuras 12 y 13.-Ópalo Azul de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

Cacholongo (o cachalonga): Ópalo blanco-azuloso o un poco color crema y no posee fuego; se parece a la porcelana.



Figura 14.- Ópalo Cacholongo (o cachalonga) montado en oro, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

Cerezo: Ópalo común con tonos rojo intenso, traslúcido o casi opaco.



Figura 15 y 16.- Ópalo cerezo montado en oro o plata, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Ópalo de agua o Claro: Ópalo noble incoloro transparente o semi transparente, con juego de colores muy intenso y variado.

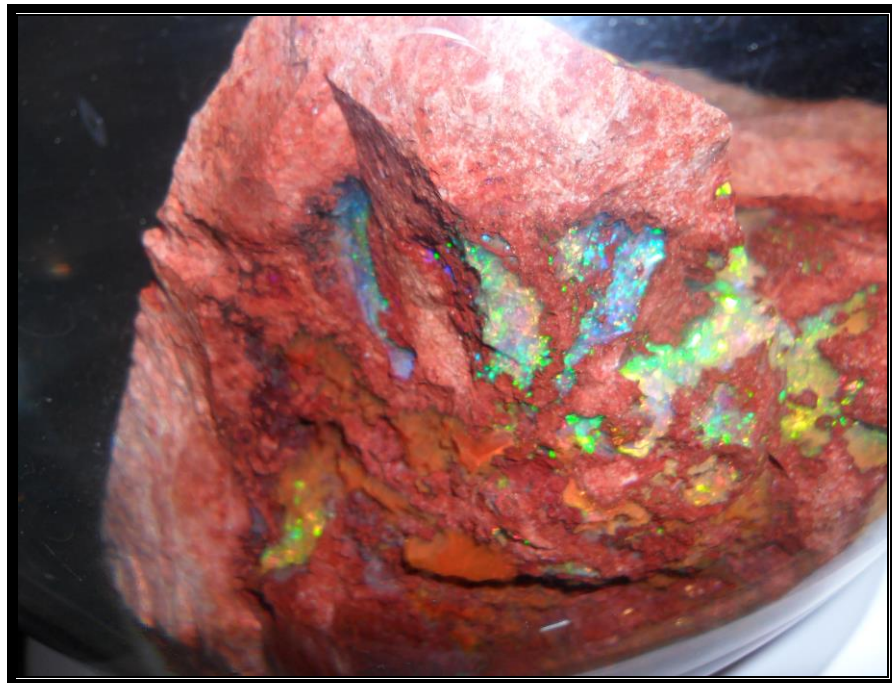


Figura 17.- Ópalo de agua o Claro de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Contraluz.- Ópalo noble muestra el juego de colores al mirarlo contra una fuente de luz.



Figura 18.- Ópalo Contraluz de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Cristal. Ópalo transparente o semitransparente incoloro, con reflejos rojos.

Común (potch): Variedad sin juego de colores aunque algunos se tallan como gemas.

De Fuego: Ópalo mexicano, transparente o semitransparente, de tonalidad amarilla, naranja o café, con o sin juego de colores, es una variedad con intensos reflejos anaranjados o rojos.

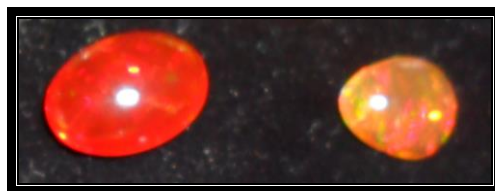


Figura 19.-Ópalo de Fuego Mexicano de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

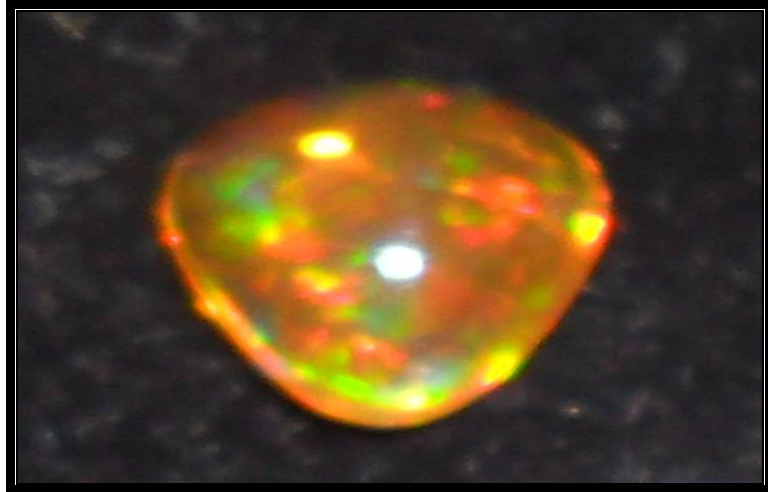


Figura 20.- Ópalo de Fuego Mexicano de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Girasol: Ópalo de Fuego transparente, lechoso, de color naranja o ámbar, da hermosos reflejos rojizos o de amarillo encendido cuando se le dirige del lado del sol.



Figura 21.-Ópalo Girasol montado en plata, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 22.- Ópalo Girasol de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

Gryserita: Ópalo depositado por las fuentes termales geiseres se encuentra en los geiseres del parque nacional de Yellowstone, en Estados Unidos.

Hialita: Ópalo noble, incoloro transparente, se parece al cristal, y a veces presenta juego de colores, con superficie globular o botrioidal.

Hidrófano: Ópalo opaco, lechoso que llega a ser noble y transparente cuando absorbe agua.

Lechoso: Ópalo blanco, traslúcido o casi opaco.

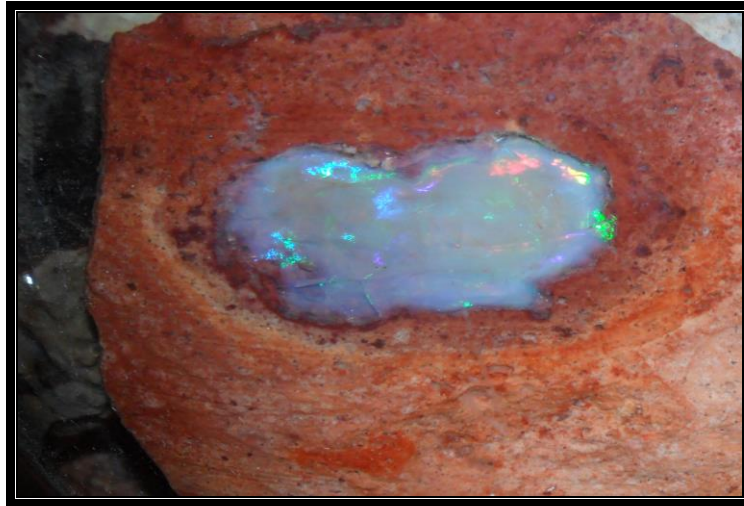


Figura 23.- Ópalo Lechoso de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Lloviznado: Ópalo noble o precioso transparente, amarillento o azulado, intenso juego de colores con chispas paralelas que parecen lluvia, es el más caro y bello de los ópalos de Querétaro, debido a la rareza del efecto luminoso.



Figura 24.- Ópalo Lloviznado montado en oro, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 25.- Ópalo Lloviznado de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México

Menilita(o): Ópalo común gris o marrón, impuro u opaco.

De Miel: Ópalo noble de bello color amarillo.



Figura 26.- Ópalo de Miel montado en oro, de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México

Musgoso: ópalo común con dendritas (ramificaciones) negras de pirolusita u óxidos de hierro.

Opalita: variedad de ópalo común de varios colores:

Ópalo noble: (fino, precioso) cualquier variedad transparente, translúcida o casi opaca que se tenga cualidades para tallarse como gema y presente juego de colores generalmente irisado.

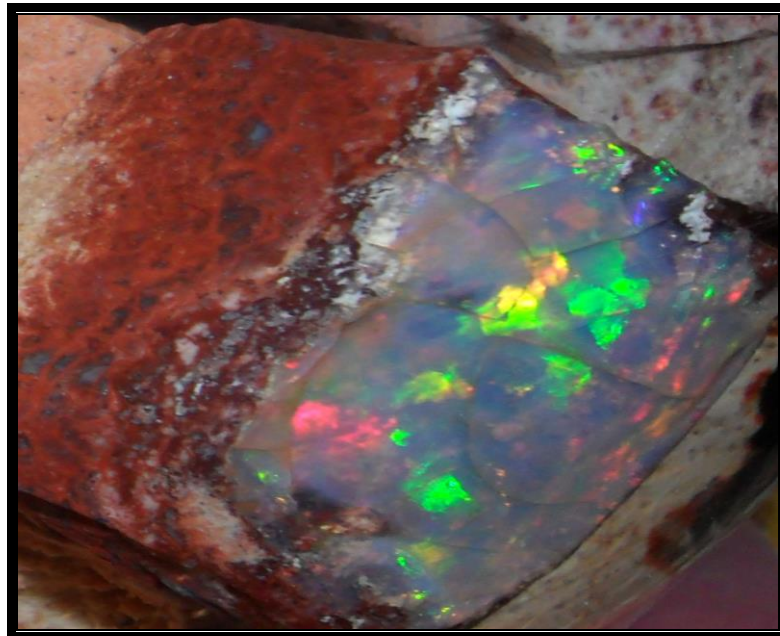


Figura 27.- Ópalo noble de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Prasio: ópalo común verde claro.



Figura 28.- Ópalo Prasio de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Pintado: ópalo común verde, con chispas de colores.

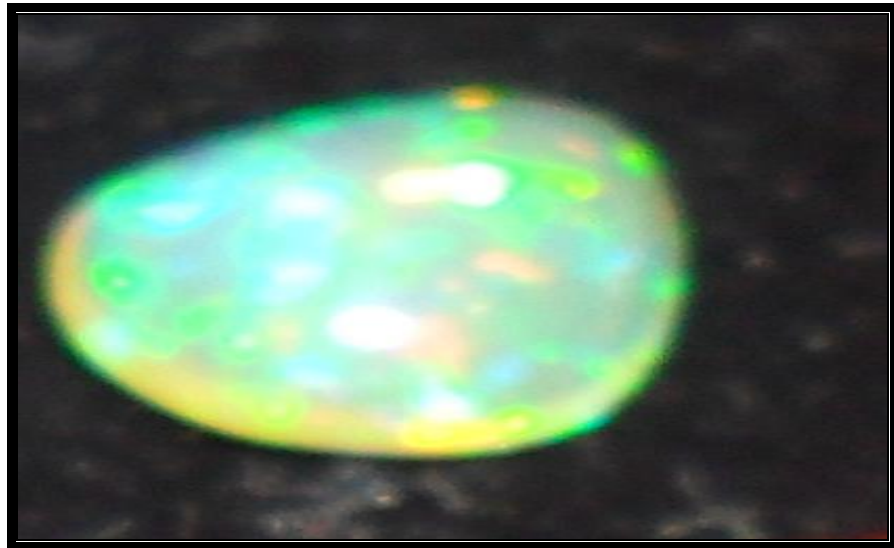


Figura 29.- Ópalo Pintado de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Quincita: ópalo común de color rosa.

Vermítita: ópalo traslúcido u opaco de color rojo bermellón.

Semi-ópalo: ópalo común, impuro generalmente opaco.

Xilópalo: madera fósil con ópalo como material petrificante a veces con juego de colores.

Zeasita: también se llaman así algunos ópalos comunes verdes, a algunos xilópalos y a ópalos de fuego que son verdosos.



Figura 30.- Ópalo Zeasita montado en oro de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Ópalo artificial: Ópalo precioso artificial, recientemente sintetizado en Suiza por Pierre Gilson.

Casi idéntico al Ópalo precioso en cuanto a propiedades físicas y químicas incluyendo un hermoso espectro de colores.

3.- Características y propiedades del ópalo.

3.1.- Propiedades físicas.

El ópalo es una sílice hidratada, su fórmula es $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Clase: Silicatos.

Subclase: Tectosilicatos.

Grupo: De la sílice.

Cristalografía: El ópalo es esencialmente amorfo sin embargo, posee una estructura ordenada que está formada por esferas de empaquetamiento compacto hexagonal y/o cúbico. El aire o el agua ocupan los huecos presentes en las esferas. (Cornelius, 1997).

Color: No tiene color o lo tiene muy variado, de blanco a tonalidades pálidas de amarillo, rojo, pardo, verde, gris y azul. A veces tiene aspecto diáfano (hialita) o lechoso, con reflejos irisado, jamás cristaliza, su estructura es vítreo resinosa.

Forma: los ópalos pueden presentarse en muy diversas formas, en general es redonda, ovalada, estalactítica o reniforme.

Dureza: la dureza del ópalo está comprendida entre 5.5 y 6.5 en la escala de Mohs.

Resistencia al choque: Se comporta frágil.

Densidad: La densidad del ópalo puede variar entre menos de 1 g/cm³ para el ópalo hidrófano y entre 1.9 y 2.25g/cm³; para las demás variedades la variación en la densidad se debe a la cantidad de agua que existe en cada espécimen. (Cortés et al 2006; Webster, 1970; Raman et al., 1953 a).

El peso específico y el índice de refracción disminuyen con el aumento del contenido del agua. (Cornelius, 1997).

Tipo de fractura: Fractura concoidea, astillosa.

3.2.- Efectos luminosos.

Una de las características principales del ópalo, en su variedad de ópalo precioso es su brillante juego de colores, también llamado opalescencia o iridiscencia, visible en los ejemplares de mayor calidad.

El ópalo muestra variaciones de color desde el blanco hasta el negro y desde transparente hasta opaco.

Algunos ópalos en especial la Hialita (variedad incolora y transparente) tienen fluorescencia amarillo-verdosa con luz ultravioleta.

Óptica: El índice de refracción generalmente varía entre 1.42 y 1.475 n (Raman et al., 1953; Webster, 1970) y para algunos ópalos mexicanos puede variar entre 1.37 a 1.6. (Ostrooumov M., 2007).

El color de difracción de los ópalos volcánicos de México, es posible, cuando la estructura de las partículas nanométricas funciona como una red, gracias a una cierta regularidad en la disposición y el tamaño de las esferas que forman el ópalo, formando esferas de tamaño apropiado, para difractar la luz visible.

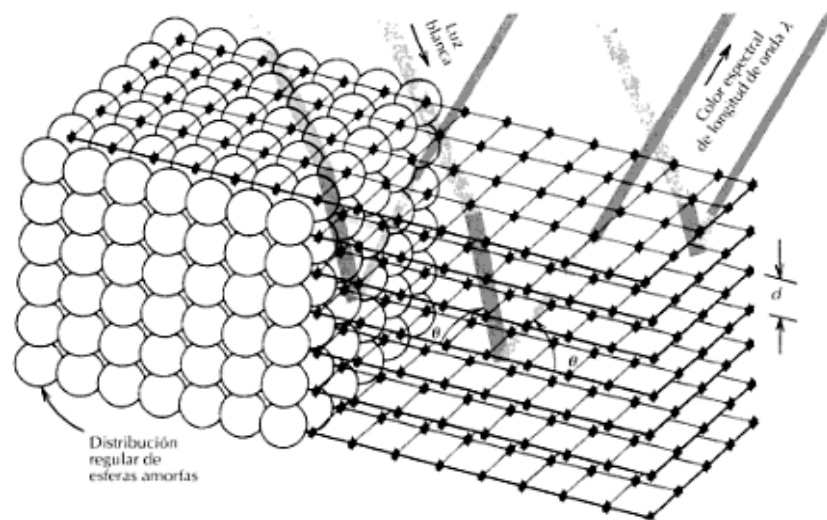


Figura 31.- Los colores espectrales del ópalo precioso son resultado de la difracción de la luz por planos reticulares espaciados regularmente. Estos planos están formados por esferas amorfas dispuestas en un empaquetamiento compacto regular el espaciado de los planos de la red es d y el valor λ de la línea espectral difractada es función de d y del ángulo θ (Cornelius,1997).

El color de difracción tiene una intensidad más o menos fuerte para toda la variedad de ópalos volcánicos. Los Ópalos de Fuego se caracterizan por

una gran intensidad en su color de difracción siendo los más típicos los rojos, anaranjados y verdes y un poco más raros los azules y violetas. (Ostrooumov ,2007).

En el ópalo común el dominio de las esferas de igual tamaño con empaquetamiento uniforme son pequeños o no existentes pero en el ópalo precioso se forman grandes dominios de esferas regularmente empaquetadas y de igual tamaño, los diámetros de las esferas varían de un ópalo a otro. (Comelius., 1997).

Las propiedades fotónicas del ópalo: consisten en que pueden difractar la luz de una manera similar a la difracción de rayos X.

3.3.- Composición química.

Es sílice pura con presencia de agua que puede variar entre un 1% y un 21% de su peso. (Webster, 1970; Barnes et al., 1992).

El porcentaje de agua es diferente para cada tipo de ópalo, A, CT o C. Los valores promedio para el ópalo CT se encuentran entre 3 y 10% y en particular, la cantidad de agua contenida en el ópalo de fuego

mexicano varia normalmente entre 7 y 10 %. (Aguilar et al. 2005).

En adición a la composición química básica del ópalo (SiO₂ y H₂O) se encuentran impurezas que pueden ser en orden descendiente de concentración: Aluminio, Calcio, Hierro, Potasio, Sodio y Magnesio (> 500 ppm). Otros elementos que se encuentran, pero en menor medida son Bario, Circonio, Estroncio, Rubidio, Uranio, et Plomo. (Gaillou, et al. 2008).

3.4.- Formación del ópalo.

El ópalo, es raro en sedimentos, no se ha encontrado en rocas más viejas que el Pérmico. (USON, 2013).

Formado inorgánicamente como cemento en areniscas, nódulos, costras de intemperismo, y rellenos de geodas y vetas. (USON, 2013).

Desde el punto de vista geológico, existen dos tipos de ópalo: el ópalo sedimentario y el ópalo volcánico.

Las condiciones geológicas que se requieren para la formación del ópalo son:

- Una fuente de sílice.
- El espacio suficiente para los vapores que se generen de la solución, (Sanders et al., 1971).

Estas condiciones pueden existir en lugares volcánicos o sedimentarios, pero la estructura final depende del lugar y el tiempo del depósito. (Segnit et al., 1970; Sanders et al., 1971).

Es posible diferenciar los ópalos por su origen geológico: La concentración de Bario así como las trazas de tierras raras, permiten separar los ópalos sedimentarios (Ba >110 ppm, con presencia de Euripio y Cerio) de los ópalos volcánicos (Ba < 110 ppm, sin presencia de Euripio o Cerio) (Gaillou, et al. 2008).

Los ópalos que contienen más de 110 ppm de Bario se formaron en un ambiente sedimentario, mientras que los ópalos con un contenido menor de 110 ppm de Bario se formaron en un ambiente volcánico. (Gaillou, et al. 2008).

En cuanto a los Ópalos de Fuego que son provenientes de algunos yacimientos de México y de Etiopía y que tienen una apariencia similar se pueden diferenciar por su concentración de Calcio. Los ópalos de Etiopía contienen más de 1000 ppm de Calcio y sus homólogos mexicanos menos de 500 ppm. (Gaillou et al., 2008).

El Ópalo de Fuego Mexicano procedente de Querétaro contiene algunas las inclusiones minerales de: Hornblenda, Goethita, Hematita, Fluorita, Cuarzo, Cristobalita, Piritita, Calcedonia y Caolinita. (Zeitner, 1979; Ostrooumov, M., 2006).

El mayor parámetro que controla el tipo de ópalo es la temperatura de formación (Fritsch 2004a, Rondeau et al., 2004):

Ópalo A por debajo de 30°C.

Ópalo CT entre 100 °C y 170 °C.

3.5.- Ópalos sedimentarios

En Australia, los yacimientos de ópalo sedimentario se encuentran en regiones áridas.

Los depósitos son sedimentos del Cretácico, formados por capas finas de arcilla y bentonita. En la figura 32 podemos apreciar un ejemplo de un ópalo australiano, de un yacimiento de ópalo sedimentario, incrustado en la roca encajonante.



Figura 32.-. Ejemplo de ópalo australiano incrustado en la roca en la que fue hallado. Exhibida en el Museo de Ciencias Naturales de Houston, Houston, Texas, EE.UU.. Fotografía permitida en el museo sin ninguna restricción.

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neohibolites_sp.,_opalized_belemnite,_Late_Early_Cretaceous,_Cooper_Pedy_Formation,_Cooper_Pedy,_South_Australia_-_Houston_Museum_of_Natural_Science_-_DSC01937.JPG Consultado el 2 marzo 2014 13:54h.

Existen algunos factores importantes para la formación del ópalo australiano:

- Una fuente de sílice en solución. Que pudo ser el resultado de los cambios biogénicos en la bentonita, con concentraciones de 100 a 120 ppm. (Sanders et al, 1971).
- Temperaturas menores de 30°C. (Rondeau et al., 2004, Fritsch 2004a).

Los ópalos sedimentarios se caracterizan por una alta concentración de Ba. (118-300 ppm).

3.6.- Ópalos volcánicos.

El ópalo volcánico se encuentra en México, Etiopia, Honduras y Kazajistán, Australia, Brasil y Estados Unidos. (Sanders et al., 1971).

Está formado con concentraciones de sílice que pueden llegar hasta 700 ppm y temperaturas de entre 100°C y 170°C, que son mayores que las temperaturas de formación del ópalo sedimentario. (Rondeau et al., 2004).

Los yacimientos de ópalo volcánico se encuentran muy cercanos a la superficie, formados por disoluciones hidrotermales a baja temperatura; se halla formando o llenando cavidades en las rocas y puede remplazar a la madera enterrada en las cenizas volcánicas. (Sanders et al., 1971).

El ópalo precioso se encuentra en pequeñas cantidades en algunos lugares del mundo, normalmente en rocas volcánicas, y no en sedimentarias, los yacimientos más extensos y mejor conocidos están en México, en donde se explota comercialmente. (Sanders, 1975).



Figura 33.- Ejemplo de ópalo mexicano foto tomada por Didier Descouens. Vetas de ópalo - (ópalo precioso)- de las mina de la carbonera de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México(5x2.2cm) <http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93palo>

Los ópalos de tipo volcánico se presentan en forma de masas nodulares y de fragmentos en rocas volcánicas ácidas.



Figura 34.- Yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

En particular las rocas que contienen ópalos en México son de origen eruptivo y volcánico: riolita o tobas riolíticas, andesitas y traquitas.



Figura 35.-.Yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

Los ópalos son muy raros en la naturaleza forman venas o masas poco considerables diseminadas en los pórfidos arcillosos y particularmente en las tobas traquíticas.

Estas rocas presentan diversos grados de erosión. (Rondeau, 2004) y se forman con circulación de agua en un evento tectónico. (Ostrooumov, 2007).

Las rocas volcánicas pueden ser vesiculares, el ópalo puede formarse en miarolas y fracturas como mineral secundario, normalmente el ópalo de fuego mexicano se encuentra en rocas ácidas rosadas.



Figura 36.- Foto de rocas volcánicas, el ópalo se forma en miarolas y fracturas. Mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

La temperatura de formación del ópalo de fuego mexicano es de aproximadamente 160°C, en un sistema hidrotermal aislado el gel de sílice queda en el ópalo como inclusión fluida.



Figura 37.- Rocas volcánicas, el ópalo se forma en diferentes ciclos de deposición. Mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México

Posiblemente el ópalo de Querétaro se formó en varios ciclos de deposición de manera similar al crecimiento de los arboles (Koivula, 1983).

Los ópalos formados en ambientes volcánicos tienen menor concentración de bario (por debajo de 110 ppm) en comparación con los ópalos formados en ambientes sedimentarios.

4.- Los ópalos en México.

4.1.- Reseña histórica.

Para los Aztecas, los minerales ornamentales eran de gran importancia. Esto se ve reflejado en los términos de la lengua náhuatl referentes a minerales y rocas que utilizaban, en el caso del ópalo le llamaban huitziltécpatl, (colibrí de piedra). (Ostrooumov, 2006).

Desde el tiempo de los romanos hasta finales del siglo XVIII, las fuentes principales de ópalo se encontraban en Hungría, hoy en día el primer país productor es Australia.

En México, los Aztecas usaban el ópalo en la elaboración de artículos decorativos y ceremoniales entre los siglos XIII y XVI sin embargo, únicamente ha estado disponible en el mercado mundial a partir de finales del siglo XIX. (Cruz et al., 2007).

En la época de la colonia, se detuvieron los trabajos en las minas de ópalo, hasta que en 1840 Don José María Siurub reinició la explotación de la mina Santa

María Iris, (antes La Esperanza), en la Hacienda Esmeralda. (Cruz et al., 2007 citando a Foshag, 1953).

En 1855 se descubrió el yacimiento que daría lugar a la mina La Carbonera ubicada en Tequisquiapan, Querétaro.

A principios del siglo XX, las minas fueron trabajadas principalmente por extranjeros y la extracción de ópalo tuvo gran auge en 1969, gracias a la demanda de los países europeos y Japón. (Cruz et al., 2007).

4.2.- Yacimientos de ópalo en México.

Los depósitos más importantes de ópalo en México se encuentran en el Estado de Querétaro, aunque existen otros yacimientos importantes en los estados de Chihuahua, San Luis Potosí, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Jalisco y Michoacán.

5.- El Estado de Querétaro

5.1.- Localización.

Coordenadas geográficas del Estado de Querétaro: Al norte 21° 40', al sur 20° 01' de latitud norte, al este 99° 02', al oeste 100° 36' de longitud oeste.

Querétaro representa el 0.6 % de la superficie del país.

El Estado de Querétaro tiene una superficie de 11,769 km² cuenta con una población de 1.943.889 habitantes (CONAPO, 2013).

El Estado de Querétaro tiene 18 municipios como se muestra en la figura 27: Amealco de Bonfil, Pinal de Amoles, Arroyo Seco, Cadereyta de Montes, Colón, Corregidora, Ezequiel Montes, Huimilpan, Jálpan de Serra, Landa de Matamoros, El Marqués, Pedro Escobedo, Peñamiller, Querétaro, San Joaquín, San Juan del Río, Tequisquiapan y Tolimán. Todos están comunicados por carreteras troncales, ramales, secundarias y particulares.

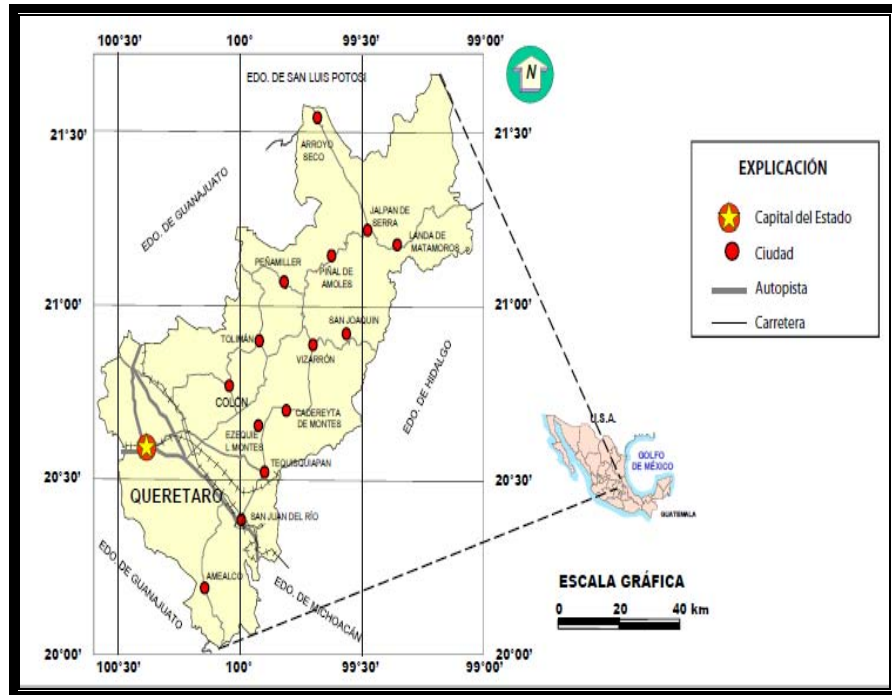


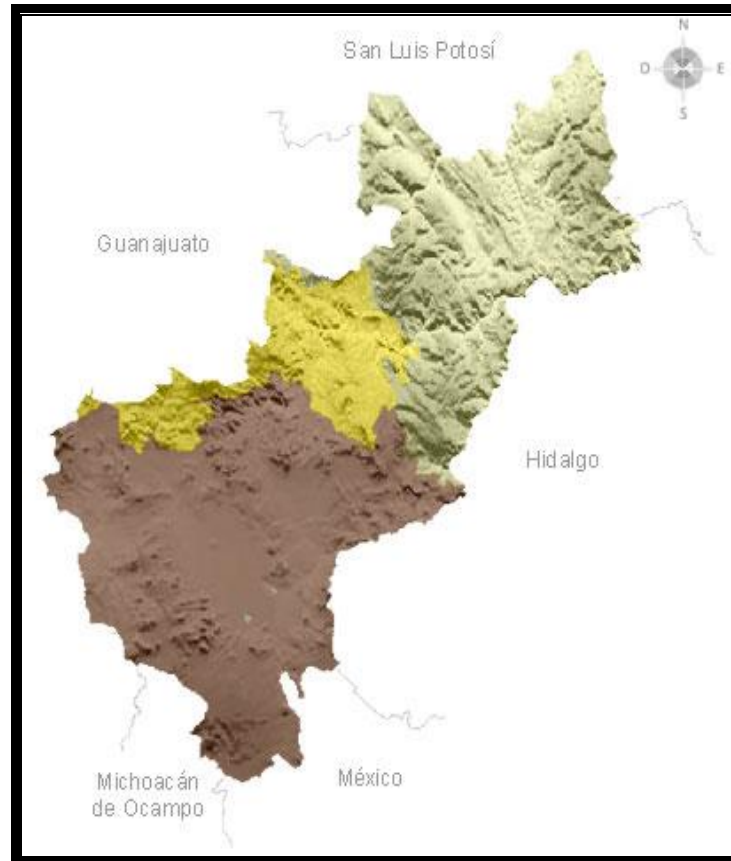
Figura 38.- El Estado de Querétaro y sus 18 municipios comunicados por carreteras. Fuente: SGM. (2011) Servicio Geológico Mexicano. Panorama minero del Estado de Querétaro, Gobierno Federal. Secretaría de Economía. Septiembre 2011.

Colinda al norte con Guanajuato y San Luis Potosí; al este con San Luis Potosí e Hidalgo; al sur con Hidalgo, México y Michoacán; al oeste con Guanajuato. (INEGI, 1993).

El paisaje de la entidad está constituido en su mayor parte por sierras y lomeríos, tanto de origen volcánico como sedimentario.

De acuerdo a la cartografía fisiográfica del INEGI, en el estado de Querétaro existe la presencia y distribución de diferentes formas del paisaje y se pueden distinguir tres grandes regiones fisiográficas que se aprecian y

contrastan el paisaje morfológico: En el centro y sur el Eje Neovolcánico, al norte la Sierra Madre Oriental y al centro oeste la Mesa del Centro. (CONCYTEQ, 2013).



- Sierra Madre Oriental
- Eje Neovolcánico
- Mesa del Centro

Figura 39.-Las tres provincias fisiográficas de Querétaro

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=22>

Fuente :

- INEGI. Síntesis de información Geográfica del estado de Qro.
- INEGI. Anuario Estadístico del estado de Querétaro.
- INEGI. Continuo Nacional Topográfico S. II escala 1:250 000.
- INEGI. Conjunto Geológico F14 escala 1:1 000 000.

5.2.-Regiones Mineras del Estado de Querétaro

Las Regiones Mineras del Estado de Querétaro se dividen en las metálicas y las no metálicas. Las no

metálicas se localizan en Cadereyta, Bernal, Colón, Querétaro y Amealco.

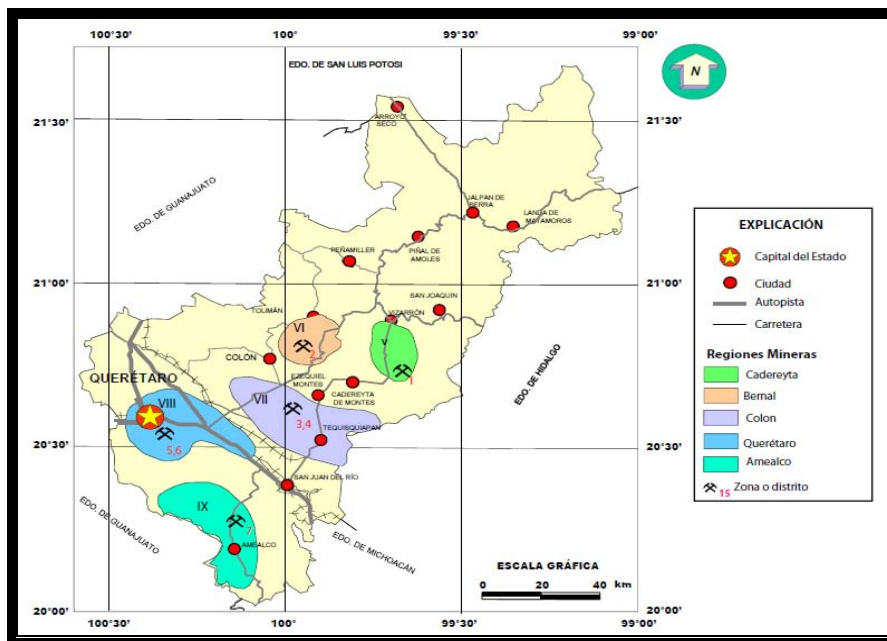


Figura 40.-. Mapa de las Regiones Mineras no metálicas del Estado de Querétaro Fuente: SGM. (2011) Servicio Geológico Mexicano. Panorama minero del Estado de Querétaro, Gobierno Federal. Secretaría de Economía .Septiembre 2011.

REGIONES MINERAS NO METALICAS

REGIÓN MINERA	ZONA O DISTRITO MINERO	SUBSTANCIA
V.- Cadereyta	1. Mármoles Vizarrón	Mármol, carbonato de calcio
VI.- Bernal	2. Caleras y rocas dimensionables	Calizas
VII.- Colón	3. Opalífero: Tequisquiapan 4. Caolín: Ezequiel Montes	Ópalo, Caolín, Sillar
VIII.- Querétaro	5. Materiales de ornato 6. La Cañada	Canteras
IX.- Amealco	7. Amealco	Roca dimensionables y sillar

Figura 41.- Las Regiones Mineras no metálicas del Estado de Querétaro. Fuente: SGM. (2011) Servicio Geológico Mexicano. Panorama minero del Estado de Querétaro, Gobierno Federal. Secretaría de Economía. Septiembre 2011.

Cada Región Minera esta dividida en Distritos Mineros. En la figura 41 se muestra el mapa de los Distritos Mineros del Estado de Querétaro, ubicación de las localidades en donde se extraen los minerales y la substancia que se extrae.

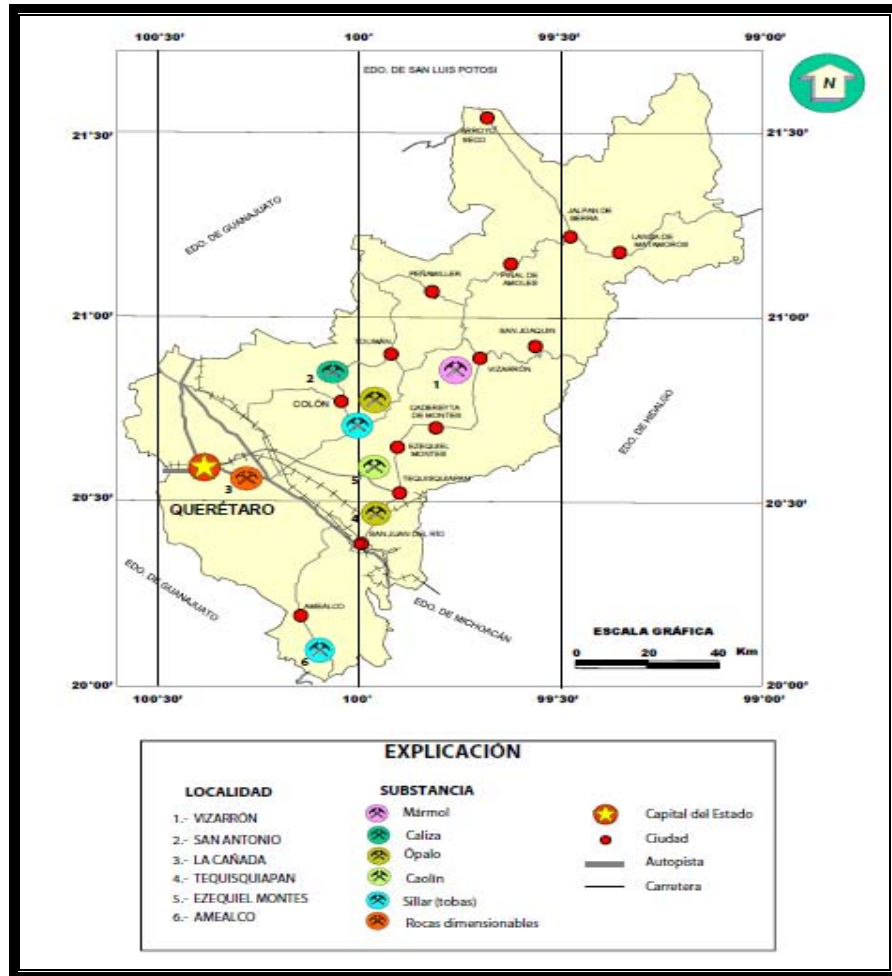


Figura 42.- Mapa de los Distritos Mineros del Estado de Querétaro. Ubicación de las localidades en donde se extraen los minerales y la substancia que se extrae.

Fuente: SGM. (2011) Servicio Geológico Mexicano. Panorama minero del Estado de Querétaro, Gobierno Federal. Secretaría de Economía Septiembre 2011

En el estado de Querétaro, en cuanto a minerales no metálicos se presentan del tipo de alteración hidrotermal, como los caolines y ópalos; los metamórficos como el mármol; los sedimentarios como la fosforita, las calizas y la arena sílica y los volcánicos como los pórfidos, tobas y riolitas.

Es Querétaro el centro de la minería de ópalo y principalmente el productor del Ópalo de Fuego. (Eckert, 1997; Koivula, 1983)

Los ópalos que han dado fama a Querétaro ocurren en derrames riolíticos terciarios, ricos en sílice, que al ser permeados por aguas termales originan soluciones silíceas que se depositan en miarolas o cavidades preexistentes.

Los ópalos se explotan en los Municipios de San Juan del Río, Tequisquiapan, Ezequiel Montes, Cadereyta y Colón. (Carbajal, 1992)

Los yacimientos mexicanos producen una amplia diversidad de ópalos, sin embargo, en la generalidad de los casos predominan tres variedades:

- **Lechoso:** Es opaco o translúcido de color blanco.

- **Acuoso:** Se distingue por su opalescencia débil azul.
- **De Fuego:** Es transparente o translúcido con varios colores que van de amarillo a amarillo anaranjado, de anaranjado a rojo y de rojo a anaranjado a rojo oscuro. (Ostroumov, 1999a citando a Gübelin, 1986).



Figura 43.- Algunos ejemplos de ópalos mexicanos de las minas de la comunidad de La Trinidad, San Juan de Río, Querétaro, México.

Existen zonas que se destacan como el Distrito Opalífero de Tequisquiapan, por las gemas que se obtienen de esta región.

5.3.- Distrito Opalífero de Tequisquiapan.

5.3.1.- Localización.

La zona opalífera de Tequisquiapan, se localiza a 45 km al noreste de la Ciudad de Querétaro. Desde el Distrito Federal tomar la carretera federal No. 57 México-Querétaro, pasando la caseta de Palmillas tomar la desviación hacia San Juan del Río incorporándose a la carretera Federal.núm.120.

Desde Querétaro tomar la carretera federal No. 57 hasta la desviación a Sierra Gorda incorporándose a la carretera estatal No. 100 hasta el entronque de Galeras incorporándose a la carretera estatal No. 200.

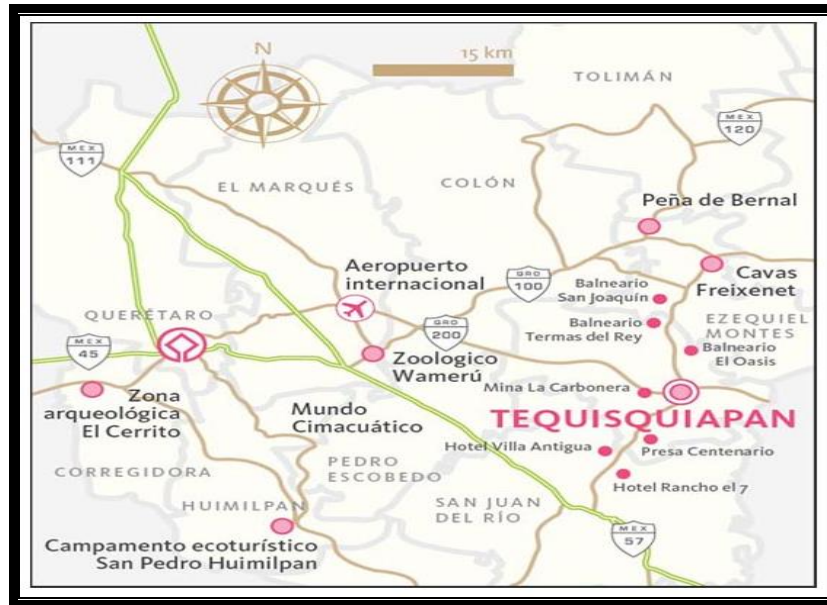


Figura 44.- Mapa de carreteras para llegar a Tequisquiapan Tequisquiapan.(2014)
<http://www.tequisquiapan.com.mx/docs.php?id=95>

La carretera federal número 120 comunica los tres poblados en donde se encuentran las minas de ópalo: Colón, Ezequiel Montes y Tequisquiapan.



Figura 45.- Distrito Minero de Tequisquiapan. Elaboración propia.

5.3.2.- Los yacimientos de ópalo en el Distrito Opalífero de Tequisquiapan.

Los yacimientos de ópalo se presentan en la zona de San Juan del Río – Colón.

El ópalo se encuentra alojado en vesículas y huecos originados por el escape de gases durante el proceso de enfriamiento de la riolita, también llamados miarolas.

En estos yacimientos, se obtienen variedades de ópalo común y precioso. (SGM,2011).

El Distrito Opalífero Tequisquiapan alcanzó su apogeo en los años sesenta debido a la gran demanda de ópalos por parte de países europeos (Suiza, Francia, Alemania, Italia) y asiáticos (Japón, Corea).(Ostrooumov, 2006).

En la región de Tequisquiapan hay extracción de ópalo el cual se utiliza en la industria de la joyería (Anuario Económico Querétaro México 2010).

5.4.- Concesiones y asignaciones mineras

El registro y control de las concesiones y asignaciones mineras del Municipio de Tequisquiapan se realiza en la Subdirección de Minería, de la Secretaría de Economía, del estado de Querétaro.

Se pueden otorgar concesiones y asignaciones mineras. Las asignaciones mineras solo se otorgan al Servicio Geológico Mexicano a diferencia de las concesiones que pueden ser otorgadas a aquellos que las soliciten y cumplan con los requerimientos necesarios para su obtención.

Las asignaciones y concesiones mineras les otorgan a sus titulares el derecho a explorar, explotar y beneficiar todas las sustancias concesibles que se localicen dentro del lote minero que amparen.

A partir de las reformas a la Ley Minera publicadas en el Diario Oficial de la Federación de 24 de abril de 2005 se expiden concesiones mineras con una vigencia de 50 años, susceptibles de ser prorrogadas por igual período.

5.5.- Concesiones y asignaciones mineras, Zona Opalífera de Tequisquiapan. Municipios de San Juan del Rio y Tequisquiapan.

A continuación se muestra un concentrado de las concesiones de los yacimientos de ópalo en la Zona Opalífera de Tequisquiapan en los Municipios de San Juan del Rio y Tequisquiapan, con las fechas de expedición y vigencia, superficie, número de título y el tipo de concesión: si es de explotación, exploración o es una asignación minera.

5.5.1.- Municipio de San Juan del Rio.

Figura 46.- Concesiones otorgadas. Para la explotación de ópalo. En San Juan del Rio. Elaboración propia. Fuente: Secretaria de Economía. Coordinación General de Minas. Dirección General de Minas. Subdirección de Minas en Querétaro. (2014).

TÍTULO/ EXPEDIENTE	ESTADO	MUNICIPIO	NOMBRE LOTE	TITULAR	CONDICIÓN	CLASE	SUPERFICIE	EXPEDICIÓN	VIGENCIA
230442 EXP 15519	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	MINA LA QUERENCIA	GUSTAVO GUZMAN Y SOCIOS	CANCE	EXPLO T	500,00 00	28/08/2 007	29/08/2 057
225302 ANT 209916 EXP6/1/6 45	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	EL ROSAL 1	HUMBERTO VEGA OLVERA Y SOCIOS	VIGEN TE	EXPLO T	20,2003	25/08/2 011	11/08/2 055

223650 ANT 207831 EXP6/1/6 17	QRO	SAN JUAN DEL RIO	EL ROSAL	ANTONIO AQUILINO MEJIA CHAVEZ Y SOCIOS	VIGEN TE	EXPLO T	10,9555	27/01/2 005	26/01/2 055
215278 ANT 200376 EXP6/1.3/ 469	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	LA BONDADO SA	JOSE GUADALU PE ALFARO CORONA	CANCE LADA	EXPLO T	20,000	12/10/2 011	13/02/2 052
216175 EXP6/1.3/ 466	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	LA HUMILDE	JOSÉ ALFARO CORONA Y SOC.	VIGEN TE	EXPLO T	16,000	12/04/2 002	11/04/5 2
164738	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	SAN FELIPE CERRO VIEJO	SALVADO R CABRERA ESCOBED O Y SOC.	VIGEN TE	EXPLO T	20,000	19/06/1 979	18/06/2 004
186408 ANT7704 EXP126	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	SIN NOMBRE	JOSE FRANCISC O GUTIERRE Z	VIGEN TE	EXPLO T	10,000	30/03/1 990	29/03/2 015
186532 ANT1742 61 EXP321.1/ 6-102	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	LA GUADALU PANA	HECTOR MONTES MONTES	VIGEN TE	EXPLO T	20,000	03/04/1 990	02/04/2 015
212504 EXP 15217	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	SR. MILAGRO SO	JOSE GUADALU PE ALFARO CORONA	VIGEN TE	EXPLO R	9,000	31/10/2 000	30/10/2 006
212339	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	MORENIT A CONCHITA	SALVADO R CABRERA ESCOBED	VIGEN TE	EXPLO R	20,000	29/09/2 000	28/09/2 006

238659 EXP 6/2/70	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	ESP+RITU SANTO	ISIDRO GONZALE Z ALVAREZ	VIGEN TE	MINER A	16,000	11/10/2 011	12/10/2 052
241693 EXP 6/1/647 6/2/95	QRO.	SAN JUAN DEL RIO	EL COYOTE	ISIDRO GONZALE Z ALVAREZ	VIGEN TE	EMINE RA	8,000	26/03/2 013	27/03/2 063

Figura 46 fin .- Concesiones otorgadas. Para la explotación de ópalo. En San Juan del Rio. Elaboración propia. Fuente: Secretaria de Economía. Coordinación General de Minas. Dirección General de Minas. Subdirección de Minas en Querétaro. (2014).

5.5.2- Municipio de Tequisquiapan.

Figura 47.- Concesiones otorgadas. Para la explotación de ópalo. En Tequisquiapan. Elaboración propia. Fuente: Secretaría de Economía. Coordinación General de Minas. Dirección General de Minas. Subdirección de Minas en Querétaro. (2014). inicio

TÍTULO/ EXPEDIENTE	EST ADO	MUNI CIPI O	NOMB RE LOTE	TITULAR	CO ND ICI ÓN	CLASE	SUP ERFI CIE	EXPE DICIÓN	VIGEN CIA
227784 EXP065/15168	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL ROSAL	ROSENDO NIEVES ARTEAGA Y SOCIOS	CA NCE L	MINERA	12,9 57	10/08/ 2005	09/08 /2056
227785 EXP065/15472	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	MARIANA	JAVIER HERNANDEZ ONTIVEROS	VIG ENTE	MINERA	33,4 825	10/08/ 2006	09/08 /2056
231030 EXP065/15529	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA UNICA	LUIS BARCENAS ORDAZ Y SOCIOS	VIG ENTE	MINERA	12,1 215	28/11/ 2007	27/11 /2057
230441 EXP065/15518	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LOS 4 VIENTOS	JOSE JESUS HERIBERTO TORRES MONTES	VIG ENTE	MINERA	104, 0000	28/08/ 2007	27/08 /2057
225303 EXP6/1.00646	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	SAN JOAQUIN	ADAN UGALDE NIETO Y SOCIOS	VIG ENTE	EXPLOT	17,4 546	12/08/ 2005	11/08 /2055
223685 EXP6/1.00620	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	MINA LA GRULLA	ALEJANDRO RIOS ESTRELLA	VIG ENTE	EXPLOT	10,0 000	02/02/ 2005	01/02 /2055
223374 EXP6/1.00622	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA MINA DEL VULITO	LUIS M. NAVARRETE HERNANDEZ Y SOCIOS	VIG ENTE	EXPLOT	25,0 000	08/12/ 2004	07/12 /2054
222847 ANT208188 EXP15168	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	BONITA	FILADELFO UGALDE NIEVES Y SOCS.	VIG ENTE	EXPLOT	2500 00	24/09/ 1999	23/09 /2005

219387 ANT200375EXP14 994/1.3/47.1 6/1.3/0471	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA CAÑADA	ALBERTO CUELLAR FERRUSCA Y SOCIOS	VIG ENT E	EXPLOT	1451 76	04/03/ 2003	03/03 /2053
215597 ANT201310EXP6/ 1.3/00511	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA JOYA	DANIEL NIETO BARCENAS	VIG ENT E	EXPLOT	12,1 482	05/03/ 2002	04/03 /2052
218986 EXP6/1.563	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL ENSINO	MIGUEL HERNANDEZ GUDIÑO	VIG ENT E	EXPLOT	15,0 00	28/01/ 2003	27/01 /2053
211805 EXP6/1.3/378	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	RENACIM IENTO	JOSE ASCENCION ESTRADA PEÑA	VIG ENT E	EXPLOT	75,0 00	26/03/ 2013	27/03 /2063
164031 ANT154317 EXP9102	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA COLORAD A	RAMON PONCE CAMPOS	VIG ENT E	EXPLOT	9,00 00	14/02/ 1979	13/02 /2029
164414 EXP9435	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	MINA LA FLOR DE MAYO	GUILLERMO NIETO UGALDE	VIG ENT E	EXPLOT	9,00 00	07/05/ 1979	06/05 /2029
219679 EXP15336	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	ORITO	RIGOBERTO VILLALOBOS ARCIGA	VIG ENT E	MINERA	89,4 855	28/03/ 2003	29/03 /2053
212639 EXP15219	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA PALMA	ALEJANDRO CABRERA ESCOBEDO Y	VIG ENT E	EXPLOR	23,7 212	17/11/ 2000	16/11 /2006
211893 EXP15208	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA DOLORES	FORO NIETO UGALDE Y SOC.	VIG ENT E	EXPLOR	22,3 979	28/08/ 2000	27/07 /2006
212376 EXP15214	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL MILENIO	ZENAIDA NIETO UGALDE Y SOCS.	CA NCE L	EXPLOR	30,0 000	04/10/ 2000	30/10 /2006
211238 EXP15206	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL PAVORRE AL	FERNANDO GALVAN UGALDE	VIG ENT E	EXPLOR	14,0 000	18/04/ 2000	17/04 /2006

210246 EXP15168	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL SITIO	MAURICIO TORRES GARCIA	VIG ENT E	EXPLOR	25,0 000	24/09/ 1999	23/09 /2005
224089 EXP065/15383	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	EL PAVORRE AL	SAMUEL TREJO NIETO Y SOCIOS	VIG ENT E	EXPLOR	16,0 000	31/03/ 2005	30/03 /2011
198518 EXP14942	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA VERONIC A	SABINO CABRERA LOYA	VIG ENT E	EXPLOR	59,2 401	30/11/ 1993	29/11 /1999
234712 EXP065/15567	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LAJITAS	GALDINO UGALDE MORENO	VIG ENT E	MINERA	8,00 00	04/08/ 2009	03/08 /2059
237496 EXP15634	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA CARMEN	PLAMINCO, S.A. DE C.V.	VIG ENT E	MINER A	5634 .994 5	21/12/ 2010	22/12 /2060
238830 EXP065/15737	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA PORFIA	ROMAN UGALDE NIETO Y SOCIOS	VIG ENT E	MINER A	40,0 000	04/11/ 2011	03/11 /2061
240726 EXP15707	QRO.	TEQUIS QUIAP AN	LA LUZ	ISIDRO UGALDE HERNANDEZ Y SOCIOS	VIG ENT E	EXPLO R	20,0 00	19/06/ 2012	18/06 /2062

Figura 47.- Concesiones otorgadas. Para la explotación de ópalo. En Tequisquiapan. Elaboración propia. Fuente: Secretaría de Economía. Coordinación General de Minas. Dirección General de Minas. Subdirección de Minas en Querétaro. (2014). Fin.

5.5.3- Concesiones y asignaciones mineras, zona opalífera Tequisquiapan. Municipios de San Juan del Río y Tequisquiapan. Lotificación.

En la figura 48 se puede apreciar la lotificación de las concesiones en San Juan del Río y Tequisquiapan.

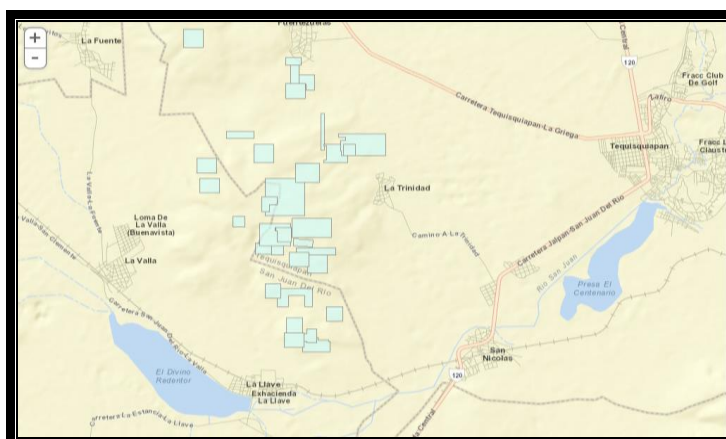


Figura 48.- Lotificación de las concesiones en Tequisquiapan y San Juan del Río. SIAM. www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/#

6.- La Comunidad de La Trinidad.

6.1.- Localización. Vía de acceso.

La Comunidad de La Trinidad está ubicada a 20 km de Tequisquiapan.

Desde Tequisquiapan tomar la carretera federal No. 120 en dirección a San Juan del Río después de 6 kilómetros, se pasa por un poblado llamado Bordo Blanco, en el kilómetro 15 tomar la desviación a la derecha, en esta carretera se deben recorrer 5 kilómetros hasta la Comunidad de La Trinidad.



Figura 49.-Croquis de acceso a la Comunidad de la Trinidad.Fuente: Módulo de información de las minas de la Comunidad de La Trinidad. San Juan de Rio, Querétaro, México.

6.2.- Actividades mineras de la Comunidad de La Trinidad.

La Comunidad de La Trinidad vive principalmente de la explotación minera y la comercialización del ópalo. Se muestra el mapa de la Comunidad de La Trinidad con las concesiones y asignaciones mineras.

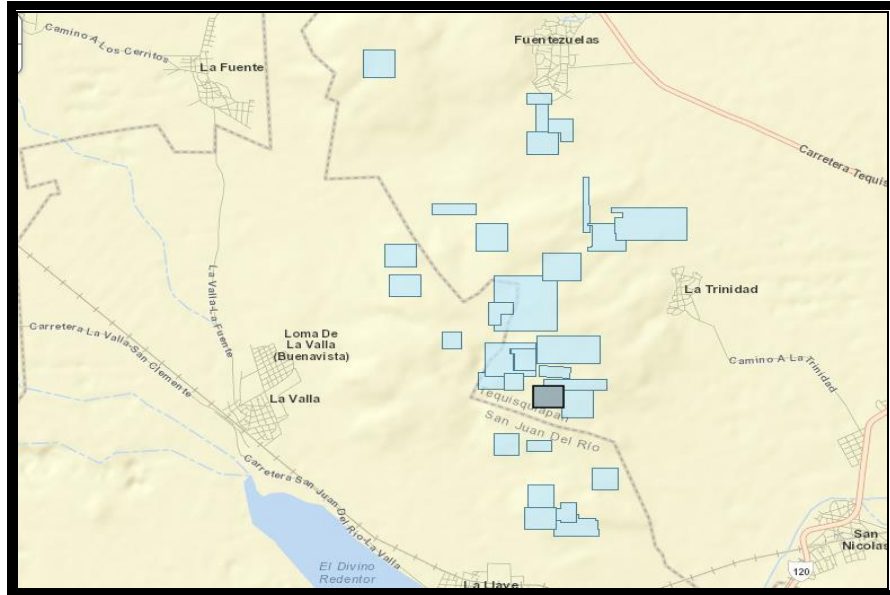


Figura 50.-Mapa de la Comunidad de la Trinidad con las concesiones y asignaciones mineras en la zona, el día 23/enero 2014 <http://www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/>

La concesión minera en donde se trabajó en el periodo comprendido entre el 20 de noviembre de 2012 al 20 de mayo de 2013 durante el cual se efectuó la prestación del servicio social, con el fin de dar asesoría a pequeños mineros productores de ópalo fue la de La Guadalupeana ubicada en la Comunidad de La Trinidad, e inscrita en el Municipio de San Juan del Rio.

Dentro de la concesión de La Guadalupeana se encuentran las siete minas siguientes :

Las Labores
Los Puercos
Los Bancos
El Devisadero
Los Agates
Los Cochinitos
El Redentor

La mina en donde se desarrolló este trabajo es la de El Redentor. Las Coordenadas geográficas de la mina El Redentor son : 20°30'16.35 N y 99°58'47.47 W

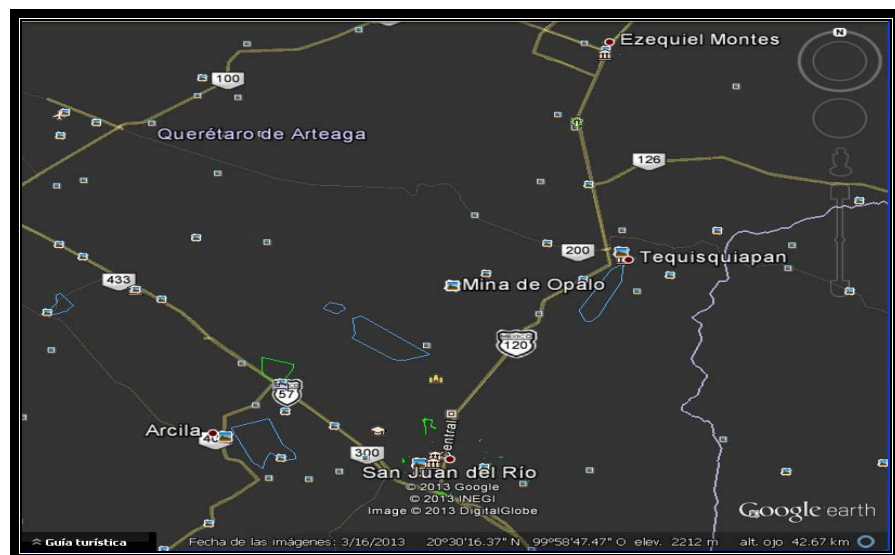


Figura 51.- Ubicación de la mina El Redentor Fuente: Google Earth. (16/3/2013).

6.3.- Extracción del ópalo.

Las técnicas de explotación que se empleaban en el siglo XVIII para la extracción del ópalo, en México las describe Ramírez en 1984. Estaban constituidas por diversas etapas, según describe y se resumían en trazar el barreno, pintarlo, abrirlo, cargarlo y pegarlo.

Antiguamente utilizaban tres barrenos, la guía, la media y la apuradora, que tenían las mismas especificaciones excepto por su longitud.

Abierto el barreno, se procedía a cargarlo con pólvora o con dinamita, para pegar el barreno se usaba la mecha llamada zefre, o la cañuela de papel, cuya fabricación la hacían los mineros a partir del papel cañuela.

Después de dinamitado el macizo rocoso, era necesario fraccionar las partes más grandes, para su transporte y finalmente con el wingaro y la barra se desprendían las rocas que quedaban flojas.

Con el mineral tumbado se procedía a la quiebra y pepena, que era la acción de separar el mineral útil del material estéril y mediante carretillas de mano se arrojaba al terrero.

La primera de estas dos operaciones se hacía con un quebrador que era un mazo de fierro montado en un mango de madera, la segunda se hacía con un martillo llamado golpe, en el patio de pepena.

Actualmente, la actividad extractiva en los yacimientos del ópalo en México, incluidas las minas de la zona opalífera de Tequisquiapan, se realiza a pequeña escala (Coremi, 1992).

Los mineros trabajan en gran parte de las minas de México, de una manera muy rústica, con la consecuente repercusión negativa en materia de seguridad laboral y de rendimiento; Siguen las vetas para extraer las rocas donde posiblemente encuentren ópalo. (S.E., 2013).

Los yacimientos más importantes en Querétaro (Iris y Guacamaya,) se explotan semi -artesanalmente y al

nivel de gambusinaje, empleando a lo sumo, dinamita y herramientas neumáticas. (Cruz et al., 2007).

La técnica de extracción en las minas de La Guadalupeana, se realiza en tajos a cielo abierto de una profundidad máxima de 10 metros, utilizando instrumentos de trabajo manuales (marros, cuñas, barretas, picas mineras, martillos y cinceles).

En la mina El Redentor, se utiliza un compresor, una perforadora y un barreno que a continuación se describen, y se muestran en las figuras 52 y 53.

Compresor.

Se utiliza un compresor Ingersoll-Rand con las siguientes especificaciones:

Marca del compresor	Ingersoll-Rand
Modelo	185WIR
Desplazamiento	5.2(m ³ /min)
Presión de escape	8.6(bar)
Motor diesel fabricado por Ingersoll-Rand	3.3 litros y 2500 rpm.
Dimensiones L×A×H	3498×1739×1582(mm)
Tamaño de ruedas	15"



Figura 52.-Compresor de aire para herramienta neumática marca Ingersoll-Rand Modelo 185WIR.

Perforadora.

Marca de la perforadora	Atlas Copco
Consumo de aire	6 bares y 22 litros/segundo
frecuencia de impactos	2520 impactos por minuto
velocidad	220 rpm.



Figura 53.- Perforadora marca Atlas Copco de 220 rpm.

El barreno que se utiliza es de 1"1/2, el procedimiento para el barrenado que se emplea está basado en la observación y la experiencia de los mineros, ellos barrenan siguiendo la veta. En la figuras 54,55 y 56 se muestran marcados con líneas a mano alzadas, ejemplos de las vetas que siguen los mineros para el barrenado.



Figura 54.- Vetas en las rocas marcadas con líneas, del yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, Comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 55.-Ejemplo de las vetas en la roca marcada con líneas, del yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La



Figuras 56.- Ejemplo de la veta en la roca marcada con líneas del yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

El primer paso para la extracción, consiste en el barrenado en minas que por lo regular aparecen a pocos metros de profundidad.



Figura 57.- Barrenado de la cantera siguiendo la veta, marcada con líneas del yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 58.- Diámetro de 1"1/2 hecho en la roca, en el yacimiento de ópalo en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

El siguiente paso es cargar los barrenos con un agente explosivo hecho de nitrato de amonio y diesel.



Figura 59.- Nitrato de amonio, empleado en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México



Figura 60.- Nitrato de amonio, empleado en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

El Nitrato de amonio se utiliza sobre todo como fertilizante por su buen contenido en nitrógeno, sin embargo el nitrato de amonio hace una mezcla explosiva cuando está combinado con algún hidrocarburo generalmente combustible diesel.



Figura 61.- Agente explosivo hecho a base de nitrato de amonio y diesel, para rellenar los barrenos hechos en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Barrenada la roca, se rellena el barreno con el agente explosivo.



Figura 62.- Mineros rellenando el barreno en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Con una mecha de aproximadamente 80 cm de largo. Se vuela la pared del tajo.



Figura 63.- Cañuela y primacord utilizadas en la voladura en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 64.- Cañuela y primacord utilizadas en la voladura en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Las rocas más grandes se fragmentan de manera manual, en trozos cada vez más pequeños de tal manera que se hace una revisión, en el patio de pepena, con el fin de hallar los ópalos, separando las rocas que puedan contener ópalo del material sobrante, que es puesto en carretillas.



Figura 65.- Mineros haciendo la búsqueda de ópalo. Fragmentan las rocas más grandes, depositan el material sobrante en la carretilla.



Figura 66.- Ejemplo de rocas conteniendo ópalos de la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

Se utiliza un malacate para sacar el material que ya no es redituable de la zona del patio de pepena.



Figura 67.- Vista del malacate hacia el patio de pepena, en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 68.- Zona donde se descarga el material que ya no es redituable, mediante el malacate, en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figuras 69.- Ópalos encontrados en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.



Figura 70.- Ópalos encontrados en la mina El Redentor, comunidad de La Trinidad, San Juan de Rio, Querétaro, México.

6.4.- Procesamiento del ópalo.

6.4.1.-*Talleres lapidarios.*

Cuando se encuentran los ópalos, se llevan a los talleres lapidarios en donde la labor del lapidario consiste en quitar hasta donde sea posible el sobrante de material de la roca encajonante y mineral, con un disco de diamante; agua y jabón, como lubricante, para después pulir y en ocasiones engarzar las gemas.

El primer paso es quitar el exceso de material, de la roca encajonante con un disco de diamante con el que se reduce el exceso de cantera adherida al ópalo.



Figura 71.- Disco de diamante usado para cortar el exceso de material, de la roca encajonante en un taller de lapidaria ubicado en la Comunidad de La Trinidad, en el Municipio de San Juan del Rio.

El segundo paso es darle a la gema la forma ovalada característica del ópalo con un esmeril.



Figura 72.- Esmeril para dar la forma ovalada o cabujón al ópalo en un taller de lapidaria ubicado en la Comunidad de La Trinidad, en el Municipio de San Juan del Rio.

El tercer paso consiste en calentar una goma llamada lacre con ayuda de un mechero, para pegar el ópalo a una varilla que lo va a sostener para poder pulirlo.



Figura 73.- Varilla con el lacre para pegar el ópalo en un taller de lapidaria ubicado en la Comunidad de La Trinidad, en el Municipio de San Juan del Rio.

El cuarto paso consiste en pulir la gema con lijas del número 150,180 y 220 en ese orden para darle una mejor apariencia. El quinto paso es darle una última pulida con un disco de piel de vaca para obtener el producto final.



Figura 74.- Disco para pulir un ópalo de fuego en un taller de lapidaria ubicado en la Comunidad de La Trinidad, en el Municipio de San Juan del Rio.



Figura 75.- Exhibidores de ópalos de las minas de la comunidad de La Trinidad en Tequisquiapan, Querétaro.

6.4.2.- Producción en la zona opalífera de Tequisquiapan.

Existe poca información acerca de la producción de ópalo en el distrito opalífero de Tequisquiapan. En el anuario económico del estado de Querétaro de 1989 se muestra la siguiente tabla:

TABLA XXXIII. QUERETARO: Producción opalífera del Distrito Tequisquiapan

MUNICIPIO	PRODUCCION (en quilates)	
	1988	1989
Colón	1 121	1 200
Ezequiel Montes	12 500	13 000
Tequisquiapan	24 500	26 000
Total	38 121	40 200

FUENTE: Anuario Económico del Gobierno del Estado, 1989

Figura 76.- Producción opalífera en el distrito de Tequisquiapan en quilates en los años 1988 y 1989

La tabla anterior muestra que la producción opalífera en Tequisquiapan en el año 1988 fue de 38,121 quilates y para 1989 fue de 40,200 quilates. Lo que equivale a 7.6242 kilos para 1988 y de 8.040 kilos para 1989.

La unidad de peso del ópalo es el quilate (no es el mismo del oro). Cinco quilates hacen un gramo, un quilate equivale a 0.2 g.

Actualmente, la producción anual de ópalo seleccionado, se estima entre 5 millones de quilates (1,000kg) a 7.5 millones de quilates (1,500 kg) por año.

Hasta junio del 2012 la Secretaría de Economía tiene un registro de 34 minas con título de propiedad o concesión en la zona opalífera de Tequisquiapan, en todas estas minas se extrae el ópalo, del total de minas actualmente se explotan 20 aproximadamente, sin embargo hay gente que dice que se tienen contabilizadas hasta 116 minas de ópalos que trabajan de forma irregular.

El precio del ópalo es muy variable, se cotiza por quilate, se mide por la calidad del producto, dureza,

juego de colores, transparencia, rareza color, tamaño e incluso varía dependiendo del lugar en donde se compre.

Una pieza de muy buena calidad, en México, se le nombra ópalo supremo, se considera ópalo supremo cuando posee un color rojo brillante y ya ha sido trabajado, no todo el ópalo que se produce tiene esta calidad.

El costo aproximado del ópalo supremo en nuestro país es de 500 pesos M.N. el gramo, cinco quilates son un gramo, el quilate de ópalo supremo cuesta alrededor de 100 pesos M.N.

Los volúmenes de exportación reportados en los últimos años son de aproximadamente el 80% del total producido, es decir entre 800 y 1200 kg al año y se exporta a países como Japón, Alemania, Brasil, Costa Rica y E.U.A. (Información proporcionada por el L.A. Mauricio Cabrera Paulin, Jefe del Área de Comercio de la Dirección de Desarrollo Regional, de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, el día 13 de abril del 2013 en relación a la explotación de ópalo en Tequisquiapan.)

La producción de ópalo que se obtiene con el actual método de explotación repercute en la manera de comercializar el producto final.

Generalmente el producto comercializable, se orienta al mercado interno, desaprovechando las oportunidades que representa la cercanía al mercado norteamericano así como la producción en gran escala de las diferentes regiones del territorio nacional en donde existe potencial de explotación del ópalo.

Se debe aprovechar la ventaja competitiva que representa que la variedad del ópalo de fuego resulta ser una de las variedades más apreciadas y valoradas en el mercado internacional y es casi exclusiva de nuestro país, por lo cual no debe de ser menospreciada.

6.4.3.- Calidad gemológica.

Existen algunos componentes de la apariencia que dan el valor del ópalo:

La rareza.

El color propiamente del ópalo.

La transparencia.

El juego de colores.

El tamaño.

Ausencia de fracturas.

La característica gemológica principal de los ópalos nobles es el juego de colores o iridiscencia.

El juego de colores, se debe a la difracción de la luz sobre la red tridimensional regular de las esferas de silicio cuando estas esferas tienen un tamaño de entre 150 y 250 nm.

Las particularidades específicas de este juego de colores, la claridad, la forma y la distribución en la

superficie del ópalo determinan el precio y la utilización de los ópalos en joyería. (Ostrooumov, 2007)

En general la calidad de los ópalos mexicanos ha tenido que enfrentar cierta imagen adversa centrada en dos aspectos principales. (Eckert, Allan W., 1997)

- La mayor parte de la producción de ópalo mexicano está compuesta por ópalos de colores amarillos y naranjas de baja intensidad. A pesar de que se tiene en México el ópalo de fuego y de que los coleccionistas se inclinan por colores negros y brillantes.
- Los ópalos mexicanos con frecuencia tienen vida temporal. Existe la desestabilización de los ópalos mexicanos, consistente en su tendencia a ponerse blancos, agrietarse y romperse. Por tal motivo nuestros ancestros los utilizaban como talismán y lo nombraban “la piedra de la bruja”, cuando se rompía la gema, la interpretación era que había librado de algún mal al poseedor. (Comunicación personal con el Ingeniero Juan Carlos Cruz Ocampo, 2013).

6.4.4.- Desestabilización del ópalo.

Para los productores y vendedores de ópalo la desestabilización es un problema grave. Este fenómeno es muy frecuente entre ciertas variedades de ópalo. Se presenta después de tratamientos mecánicos como el pulido o bien de manera espontánea con el tiempo; Al menos entre el 30 y el 40% del ópalo de calidad gema se desestabiliza. (Aguilar cita a Fritsch et al., 1999; Smith, 1990).

No obstante actualmente se ha logrado reducir la percepción desfavorable del ópalo extraído en México en parte a la preferencia de sus variedades de Fuego y Negro manifestada por los mercados internacionales y a que los países orientales han mantenido su predilección por el ópalo mexicano. (Eckert, 1997).

Con el tiempo la piedra puede perder su contenido de agua, agrietarse o disminuir su opalescencia (Schumann, 1997).

6.4.5.- Usos del ópalo.

El ópalo es una gema empleada de forma ornamental se talla generalmente en forma de cabujón redondo u ovalada y talla fantasía, también se hacen figuras

zoomorfas. (Comunicación personal con el Ingeniero Juan Carlos Cruz Ocampo, 2013).

Las piedras de gran tamaño y calidad excepcional son muy apreciadas.

El ópalo también sirve como materia prima en las industrias de la piedra tallada. La tierra de diatomeas se emplea como abrasivo, polvo para filtrar y productos de aislamiento (Cornelius et al 1997).

Se elaboran artesanías con el ópalo dentro de la roca que lo contiene, de diferentes tamaños y formas dependiendo de la creatividad del artesano.

Los Ópalos Nobles son muy estimados para hacer joyas y los hidrófanos como un objeto curioso e interesante para la física y la mineralogía. (Salacroux, 1840).

7.- Prestación del Servicio social.

El servicio Social se realizó en la mina El Redentor, en la comunidad de La Trinidad, en el municipio de San Juan de Rio, en el estado de Querétaro, México.

Nombre del programa es: *“Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro”*. A cargo del Ing. Alfredo Victoria Morales.

El Servicio Social se realizó en el periodo comprendido entre el 20 de noviembre de 2012 al 20 de mayo de 2013

La elección de este programa fue principalmente por el tipo de actividades que se realizan en el programa de asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro como la exploración, extracción, preparación y comercialización del ópalo, además de las diversas actividades que generaron conocimientos y repercutió en crecimiento como estudiante de la carrera de minas y metalurgia.

Se anexan los formatos de solicitud, aceptación y terminación del servicio social.

Formato de solicitud de autorización de prestación del servicio social.

Facultad de Ingeniería Coordinación de Administración Escolar

Solicitud de Autorización de Prestación del Servicio Social e Información Estadística

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Cuervo Colunga Arnoldo		
Dirección: calle i (I) numero 10 manzana 12		
Colonia: Educación.	Delegación (municipio): Coyoacán	
C.P.: 04400	Estado: Distrito Federal	
Teléfono: (442) 1 55 64 11		
e-mail: ar.cuervo@hotmail.com		
Número de cuenta: 086569512	Ingreso a la F.I.: 1986 - 1	
Clave de la carrera: 22		
Número de créditos pagados: 413	Avance: 98.56% , Promedio: 7.74	
Fecha de inicio: 20 nov 2012	Duración en meses: 6	Horas/semana: 19
Forma de remuneración: No remunerado Percepción mensual: n/a Género: M		
1.- Sueldo, 2.- Honorarios, 3.- Ayuda económica, 4.- Beca,		
5.- Otro: 6.- No remunerado		

DATOS DE LA DEPENDENCIA

Nombre de la Dependencia: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
Subdirección o Departamento: FACULTAD DE INGENIERIA	
Oficina o Sección: DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
Dirección: CTO. INTERIOR S/N Colonia: C.U.	
C.P. 04510 Delegación (Municipio): Coyoacán D.F.	
Estado: Distrito Federal	Teléfono: : 56220854 ext.174

DATOS DEL PROGRAMA


Nombre del programa: Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro	
Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413	
Nombre del responsable del Programa: ING. ALFREDO VICTORIA MORALES	
Nombre del jefe inmediato: ING. ALFREDO VICTORIA MORALES	
Cargo: PROFESOR ASOCIAD B T.C	
Teléfono: 56220854 ext.174	
e-mail: victoria@servidor.unam.mx	
Tipo de Programa: 3.- Servicios	
1.- Investigación, 2.- Académico-Administrativo, 3.- Servicios, 4.- Administración Pública, 5.- Docencia	

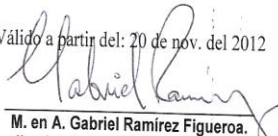
Solicito se me autorice cumplir con la prestación del servicio social en el programa mencionado.

México, D. F., a 20 de noviembre de 2012



Válido a partir del: 20 de nov. del 2012


Coordinación de
Servicio Social
de Ingeniería Minas
y Metalurgia
Arnoldo Cuervo Colunga


M. en A. Gabriel Ramirez Figueroa.
Coordinador de Servicio Social de la carrera
Ingeniería de Minas y Metalurgia de la
División de Ingeniería en Ciencias de la
Tierra, Facultad de ingeniería, UNAM

S.S. 01

Carta de aceptación para la prestación del servicio social.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. A. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
Director
Facultad de Ingeniería, UNAM
Presente

Asunto: Carta de aceptación para la prestación del Servicio Social del C. **Arnoldo Cuervo Colunga**

Me permito informar a usted nuestra conformidad para que el C. **Arnoldo Cuervo Colunga** con número de cuenta **086569512** de la carrera **Ingeniería de Minas y Metalurgia de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**, que se imparte en la Facultad a su digno cargo, preste su Servicio Social en esta Dependencia durante un período de **6 meses**, a partir del **20 de noviembre de 2012** colaborando **20 horas** a la semana, con horario **MIXTO** en el programa de trabajo **ASESORIA A PEQUEÑOS MINEROS PRODUCTORES DE OPALO EN EL ESTADO DE QUERETARO** número **2012 - 12 / 81 - 3413**, desarrollando las siguientes actividades fundamentales:

1. Obtener información estadística sobre producción de ópalo y mercado del ópalo.
2. Hacer levantamientos geológicos de las minas.
3. Realizar un análisis de riesgo de la obra minera y proponer una solución.
4. Realizar análisis gemológicos de muestras de ópalo.
5. Aprender técnicas de lapidaria.
6. Redactar informes técnicos.

Siendo responsable del programa el C. **ING. ALFREDO VICTORIA MORALES** y quien supervisará directamente las actividades del prestador el C. **ING. ALFREDO VICTORIA MORALES**.

Atentamente:

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D. F., a 20 de noviembre de 2012

ING. ALFREDO VICTORIA MORALES

c.c.p. M. en A. Gabriel Ramírez Figueroa.- Coordinador de Servicio Social de la carrera Ingeniería de Minas y Metalurgia de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM.
c.c.p. Arnoldo Cuervo Colunga

S.S. 02

Carta de liberación del servicio social.

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería

DIRECCIÓN
60-1-2013/0664

C. DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
P R E S E N T E.

Por medio de la presente, se hace constar que el señor CUERVO COLUNGA ARNOLDO con número de cuenta 086569512 y alumno de la carrera de INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA que se imparte en esta Facultad, realizó trabajos en la DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA (U.N.A.M.), en el periodo del 20 de noviembre de 2012 al 20 de mayo de 2013. Por lo cual se considera que ha cumplido con el SERVICIO SOCIAL, en los terminos que establece el Reglamento General del Servicio Social que en la materia tiene dispuesto la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

SERVICIO SOCIAL

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, D. F., a 27 de junio de 2013

EL DIRECTOR

Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda
JGGZ/ICH/MARV



FACULTAD DE
INGENIERIA
SSA - CAE
SERVICIO SOCIAL

7.1.- Informes bimestrales del servicio social.

Anexo a continuación los tres informes bimestrales de actividades correspondientes a cada periodo del servicio social en los que se describen las actividades y los resultados obtenidos.

Primer informe bimestral

Número de registro: Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413

M. en A. Gabriel Ramírez Figueroa
Coordinador de Servicio Social
Carrera Ingeniería de Minas y Metalurgia
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Facultad de Ingeniería, UNAM.
Presente.

Me permito presentar a la consideración de usted, el primer Informe Bimestral de Actividades correspondientes al período comprendido del 20 de noviembre de 2012 al 20 de enero de 2013.

Nombre de la dependencia: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
Nombre del programa: Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro
Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413 Fecha de Inicio: 20/11/12

REPORTE DE ACTIVIDADES	Horas	
	En el bimestre	Acumuladas
1.- Planeé las visitas a la mina, durante este primer bimestre. (6 horas.)		
2.- Realicé visitas a la comunidad de la Trinidad y a las minas cercanas como: la Carbonera y el Redentor. (52 horas.)		
3.- Entrevisté al concesionario de las minas, a las personas que venden los ópalos y algunos mineros. (25 horas.)		
4.- Indagué acerca del método de explotación que se utiliza actualmente en estas minas. (27 horas.)	160 horas	160 horas
5.- Investigué acerca de los métodos utilizados en otras minas del mundo. (25 horas.)		
6.- Investigué en la hemeroteca y biblioteca nacional acerca del ópalo (25 horas.)		

Resultados obtenidos en beneficio de la sociedad:

Durante este primer bimestre platicué con los mineros acerca, de la importancia de las buenas prácticas en los procesos mineros. Referente a los temas de seguridad, extracción y metodologías de producción.

Resultados obtenidos en la propia formación profesional:

En este primer bimestre conocí acerca del proceso de extracción y transformación del ópalo en algunas minas de la comunidad de la Trinidad en el estado de Querétaro.

México, D.F., a 20 de Enero de 2013

Atentamente:

Arnoldo Cuervo Colunga
Número de cuenta: 086569512

Coordinación de
Servicio Social
Ingeniería Minas
y Metalurgia

8/FEB/13

Vo. Bo.

Ing. Alfredo Victoria Morales

c.c.p.- Arnoldo Cuervo Colunga

Segundo informe bimestral

Número de registro: Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413

M. en A. Gabriel Ramírez Figueroa
Coordinador de Servicio Social
Carrera Ingeniería de Minas y Metalurgia
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Presente.

Me permito presentar a la consideración de usted, el segundo Informe Bimestral de Actividades correspondientes al período comprendido del 21 de enero de 2013 al 20 de marzo de 2013.

Nombre de la dependencia: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
 Nombre del programa: Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro
 Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413 Fecha de Inicio: 20/11/12

REPORTE DE ACTIVIDADES	Horas	
	En el bimestre	Acumuladas
1.- Realicé visitas a la comunidad de la Trinidad y a las minas cercanas como: la Carbonera y los Puercos (60horas.)	160 horas	320 horas
2.- Presencí y observé en diversas ocasiones las operaciones de explotación que se llevan a cabo actualmente en estas minas. (30horas.)		
3.- Continué con la investigación en la hemeroteca y biblioteca nacional acerca del ópalo (30horas.)		
4.- Investigué en la comunidad así como en medios electrónicos acerca de la explotación, valoración y comercialización del ópalo. (40horas.)		

Resultados obtenidos en beneficio de la sociedad:

Durante este segundo bimestre platiqué con los mineros acerca, de la manera de valorar y comercializar el ópalo, en la comunidad de la Trinidad y también investigué en el internet, acerca de los precios de los ópalos en diferentes sitios de la red. Observé el rezago que existe en la metodología de producción y comercialización en estas minas de ópalo.

Resultados obtenidos en la propia formación profesional:

En este segundo bimestre aprendí acerca de los diferentes tipos de ópalo que se obtienen de las minas de la región de la Trinidad en el estado de Querétaro, y de la manera en que se valoran en el mercado, dependiendo de sus características físicas

Atentamente:



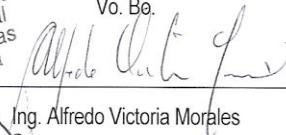
Arnoldo Cuervo Colunga
 Número de cuenta: 086569512



Coordinación de Servicio Social
 Ingeniería Minas y Metalurgia
 3/0 Junio 2013

México, D.F., a 20 de Marzo de 2013

Vo. Bo.



Ing. Alfredo Victoria Morales

c.c.p.- Arnoldo Cuervo Colunga

Tercer informe bimestral

Número de registro: Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413

M. en A. Gabriel Ramírez Figueroa
Coordinador de Servicio Social
Carrera Ingeniería de Minas y Metalurgia
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Presente.

Me permito presentar a la consideración de usted, el tercer Informe Bimestral de Actividades correspondientes al período comprendido del 21 de Marzo de 2013 al 20 de Mayo de 2013.

Nombre de la dependencia: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.	
Nombre del programa: Asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro	
Clave DGOSE: 2012 - 12 / 81 - 3413	Fecha de Inicio: 20/11/12

REPORTE DE ACTIVIDADES	Horas	
	En el bimestre	Acumuladas
1.- Realicé visitas a la mina de El Redentor para presenciar el proceso de explotación en esta mina (40horas).		
2.- Quebré las rocas manualmente hasta obtener muestras para llevar al taller. (30 horas).		
3.- Recaudé muestras con posibles incrustaciones de ópalo (10 horas).		
4.- Aprendí técnicas lapidarias, corté muestras de roca y pulí ópalos (40 horas).	160 horas	480 horas
5.- Investigué y consulté en la Secretaría de Economía, en la Dirección General de Minas, y en la Secretaría de Desarrollo Sustentable. Los documentos concernientes a las concesiones mineras y a la producción y comercialización actual del ópalo (40horas).		

Resultados obtenidos en beneficio de la sociedad:

Colaboré en el proceso de voladura y quiebre de rocas. Trabajé en el taller lapidario y procesé ópalos.

Resultados obtenidos en la propia formación profesional:

Durante este tercer bimestre presencié el proceso de explotación del ópalo. Procesé rocas desde la voladura hasta obtener el ópalo. Conocí los expedientes mineros incluyendo formatos y procedimientos.

Tuve contacto con diferentes dependencias y obtuve la información que solicité respecto al ópalo.

México, D.F., a 20 de Mayo de 2013

Atentamente:

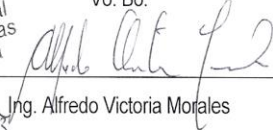


Arnoldo Cuervo Colunga
 Número de cuenta: 086569512

Coordinación de
 Servicio Social
 Ingeniería Minas
 y Metalurgia

3/JUN/2013

Vo. Bo.



Ing. Alfredo Victoria Morales

c.c.p.- Arnoldo Cuervo Colunga

8.-Conclusiones

La riqueza mineral y los conocimientos de los propietarios de minas y de algunos mineros de la zona opalífera de la región fueron relevantes aportes en la elaboración de este trabajo.

Su colaboración y apreciaciones fueron de gran ayuda para el planteamiento del diagnóstico y de las condiciones que tiene la explotación y el beneficio del ópalo en la zona de Tequisquiapan. Que por cierto, tiene una gran similitud con las que existen en el resto de las zonas opalíferas del Territorio Mexicano.

Trabajar en la Mina de Ópalos El Redentor de la comunidad de La Trinidad en San Juan de Rio, da la oportunidad de ampliar los conocimientos respecto a las actividades que se realizan para la exploración, extracción, preparación y comercialización del ópalo en Tequisquiapan, y una idea de cómo se desarrolla ésta actividad en el país y en el mundo.

Conocer el proceso productivo del ópalo e involucrarse con los actores principales en la gestión, exploración, extracción y beneficio de algún mineral y en específico

del ópalo, en México, hacen que la formación como ingeniero sea parte de un proceso integral y diverso.

El desarrollo del estudio requirió de una búsqueda bibliográfica, de numerosas revistas de investigación, de consultas a páginas electrónicas relacionadas con el tema y de la colaboración de expertos en la materia, como son los dueños de minas, mineros y personas involucradas en las diferentes etapas del proceso productivo del ópalo.

El conocimiento de las actuales reformas a la ley de minas y de los trámites que tiene que hacer cualquier persona que desee tener una concesión para la exploración, extracción y beneficio de algún mineral, en México, así como las dependencias a las que se tiene que recurrir la obtención de los permisos y realización de trámites, repercute en el cumplimiento de las obligaciones de los concesionarios y en el mayor aprovechamiento de los recursos naturales de nuestro país.

Conforme a lo observado se pudo constatar que en las minas de la comunidad de La Trinidad, en el estado de Querétaro, se caracteriza por utilizar sistemas rudimentarios de producción y comercialización que les impide incrustarse de lleno en

el mercado productivo y de esta manera incrementar sus utilidades.

Estos sistemas se pueden describir como atrasados tecnológicamente, con fuertes carencias organizacionales como la falta de información respecto a las dependencias para realizar los trámites para las actividades mineras, las técnicas de extracción del ópalo, la seguridad de los trabajadores, la falta de mano de obra calificada hasta la comercialización del ópalo, lo que hace que se dificulte conocer con precisión el potencial económico de la explotación del ópalo, en esta mina.

Para contribuir al conocimiento de los mineros y con la finalidad de informar y orientar a la comunidad primero se elaboraron y repartieron trípticos acerca de los requerimientos administrativos y dependencias para realizar los trámites para las actividades mineras debido a que existen requisitos legales, condicionantes, trámites y dependencias a las que se tiene que acudir para ingresar formalmente al sector minero y que pueden representar un bloqueo administrativo para esta comunidad. Además se elaboró y se repartió información acerca de la seguridad de los trabajadores en las minas a cielo abierto, con el objetivo de prevenir futuros accidentes. (anexo).

En segundo lugar, en cuanto a la técnica de extracción del ópalo en esta mina se puede agregar que, como es de naturaleza semi manual hace que el nivel de producción sea mínimo además el uso impreciso de explosivos propicia el poco aprovechamiento del mineral por agrietamiento excesivo en la roca. En consecuencia, se estima que del total de ejemplares encontrados, alrededor del 70 por ciento carecen de valor comercial, principalmente por presentar fracturas y cuarteaduras. (S.E, 2013)

También se puede observar que debido a que, la situación económica en la comunidad en general depende de los hallazgos que se hagan en las minas, los pequeños productores de ópalo con frecuencia pretenden recibir únicamente flujos de efectivo inmediato, por lo que existe una falta total de interés o de visión para invertir en tecnología de vanguardia. Sin embargo para fortalecer el método de extracción existente con las innovaciones tecnológicas que hay en el mercado, se propone hacer la adquisición de maquinaria especializada, o en su defecto se adopten convenios con propietarios de este tipo de maquinaria como : retroexcavadora con pala y martillo hidráulico, compresor y camión de acarreo por dar algunos ejemplos, ya que en algunas de las minas más productivas, como en el caso de la región de Magdalena en Jalisco los concesionarios lo han

trabajado de esta manera y ha repercutido en la mejora de infraestructura productiva.

Además el proceso de extracción no está sistematizado, de manera que el tepetate que se va acumulando genera estrangulamiento del tajo de la mina y ante la imposibilidad de continuar trabajando se propicia que se abandonen los trabajos sin haber explotado apropiadamente todo el ópalo de la mina.

Otra sugerencia en este rubro es la de Realizar estudios geológicos como muestreos superficiales y de barrenación para determinar las circunstancias de ocurrencia del ópalo y establecer otros métodos de explotación más acordes con el tipo de roca y adecuados a la economía de la comunidad, como el uso de rotomartillos en el frente sin usar explosivos con el fin de preservar los especímenes completos de esta gema y de esta manera se pueda mejorar el procedimiento que se emplea actualmente.

En cuanto a la mano de obra en la mina, se lleva a cabo por personal que esencialmente son pequeños mineros y campesinos habilitados como gambusinos, los cuales suelen participar de esta actividad durante las épocas que no coinciden con sus labores agrícolas. (S.E. ,2013).

Se acostumbra efectuar convenios entre concesionarios y gambusinos, y se recurre a los “convenios a la busca” y a las “comisiones sobre hallazgo”, esto es que los trabajadores o gambusinos tienen permitido hacer la explotación del ópalo a cambio de dar al concesionario de la mina un porcentaje del beneficio total de las piedras obtenidas. Desafortunadamente, estos convenios generan ciertos conflictos que surgen por la falta de supervisión y control de la producción. Al respecto y para evitar el bajo nivel de calificación y la rotación frecuente de trabajadores, se puede sugerir contratar personal sujeto a un salario fijo con comisión por hallazgo, tomando en cuenta el beneficio obtenido por las gemas así como capacitación y supervisión desde el inicio del proceso para fortalecer el proceso productivo.

Finalmente para la comercialización del ópalo además de las Joyerías de la comunidad se sugiere que se obtenga asesoría del gobierno del estado para presentar su mercancía en ferias de artesanías, exposiciones comerciales, en museos, en páginas web o en publicaciones nacionales e internacionales por poner algunos ejemplos. Lo cual les permitiría mejorar la comercialización y potencializarse en el mercado.

Anexo

A continuación se presenta los dos trípticos que se repartieron en la comunidad de La Trinidad del municipio de San Juan del Rio, en el estado de Querétaro, México mediante los cuales se plantea la asesoría a pequeños mineros productores de ópalo en el estado de Querétaro para conocer acerca de la seguridad en las minas a cielo abierto y respecto a los requerimientos administrativos y realizar algunos trámites para las actividades mineras.

Tríptico 1: La seguridad en las minas a cielo abierto.

<p>LA SEGURIDAD EN LA MINA A CIELO ABIERTO</p> <p>DE ACUERDO A LA LEY MINERA EXISTEN LEYES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y DE PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES Y DEL MEDIO AMBIENTE QUE LOS CONCESIONARIOS Y LOS TRABAJADORES DEBEN CUMPLIR.</p> 	<p>Ropa y equipo de protección en minas</p> <p>CASCO CON CINTA REFLEJANTE Y BARBIQUEJO Protege de cualquier caída de objetos que pudieran causar un accidente a los mineros.</p> <p>LENTES DE SEGURIDAD Protege a los ojos de sólidos y líquidos que pudieran lastimarlo</p> <p>OREJERAS Evita daños en la audición</p> <p>OVEROL CON REFLEJANTES Viste al minero para protegerlo de cualquier salpicadura. Tiene reflejantes para que puedan ser visibles en la oscuridad.</p> <p>GUANTES DE PROTECCIÓN El equipo de seguridad puede pesar de 4 a 6 kilogramos.</p> <p>CINTURÓN Porta gran parte de los equipos de seguridad</p>	<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-STPS-2003. TRABAJOS EN MINAS. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de julio de 2003.</p> <p>La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores que desarrollan actividades en las minas y daños a las instalaciones del centro de trabajo.</p> <p>Campo de aplicación La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en que se desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de materiales localizados en vetas, mantos, masas o yacimientos, ya sea bajo el suelo o en su superficie, independientemente del tipo y escala del centro de trabajo de que se trate y especifica las obligaciones del concesionario y de los trabajadores.</p>
---	--	---

Imagen 1 anexo. La Imagen muestra la hoja frontal del tríptico que se distribuyó en la comunidad de la trinidad para dar a conocer acerca de la seguridad en las minas a cielo abierto.

**LA SEGURIDAD,
LO MÁS IMPORTANTE**

La Cámara Minera de México fortalece la cultura de la seguridad y promueve cero tolerancia a actos inseguros. Los mineros y las mineras conocen la importancia de cada uno de los elementos de seguridad y en todo momento deben utilizar el equipo completo.

¿Sabías que ?

Las obligaciones de los trabajadores mineros son:

- 1.-Cumplir** con los procedimientos de seguridad e higiene establecidos por el patrón.
- 2.Participar** en la capacitación y adiestramiento proporcionado por el patrón.
- 3. Utilizar todos los dispositivos de seguridad y equipo protector.** Cumplir con las instrucciones de uso del equipo de protección personal.

**¿Sabías que ?
También debes...**

- 4. Ser responsables** por su integridad y salud, así como por la de terceros que puedan verse afectados por sus actos u omisiones en el trabajo.
- 5.Avisar de inmediato** a su supervisor o al personal de los Servicios Preventivos de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de cualquier situación de riesgo inminente que por sí mismos no puedan corregir y únicamente reanudar sus actividades cuando se haya corregido la situación.
- 6.Prestar auxilio** durante el tiempo que se les requiera en caso de emergencia o alguna situación de riesgo inminente.
- 7. Participar** en los simulacros de evacuación y en las prácticas de atención de emergencias.

<http://www.industria.mineramexicana.com?s=seguridad>

TRIPTICO ELABORADO POR A. CUERVO PARA LA DIFUSION DE LAS MEDIDAS BASICAS DE SEGURIDAD EN LAS MINAS DE OPALO DE LA COMUNIDAD DE LA TRINIDAD TEQUISQUIAPAN, QUERETARO.

2014

Imagen 2 anexo. La Imagen muestra la hoja posterior del tríptico que se distribuyó en la comunidad de la trinidad para dar a conocer acerca de la seguridad en las minas a cielo abierto.

Tríptico 2: Requerimientos administrativos, y trámites administrativos para las actividades mineras.

¿En donde encuentro la información de los trámites mineros?

El Manual de Servicios Públicos en el Sector Minero se publicó el 28 de julio de 1999 en el Diario Oficial de la Federación con el objetivo, proporcionar la información sobre los requisitos los procedimientos, los conductos y formatos para la presentación y trámite de solicitudes, avisos, promociones e informes que se gestionan ante las diversas Instancias de Gobierno y a los que se refiere el Reglamento de la Ley Minera

¿Cuales son los trámites en la minería?

- Consultar El Manual de Servicios Públicos en el Sector Minero .
- Tramitar ante a la (SRE), el permiso para la construcción de sociedades ;
- Posteriormente, registrar la empresa ante Notario Público o Corredor Público para obtener la escritura pública correspondiente a la construcción de la sociedad.
- Dar de alta a la empresa ante (SHCP), como contribuyente, de acuerdo a las características específicas de cada empresa.
- Solicitar en (SE), las concesiones mineras, consultar la información del Servicio Geológico Mexicano.
- Solicitar ante, (SEMARNAT) una evaluación de impacto ambiental por actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales.
- Tramitar permiso por uso de agua (CNA).
- Inscribirse como patron al (IMSS) para afiliar a los trabajadores
- Obtener permiso de uso de explosivos ante la (SEDENA)

Trámites que debes hacer para realizar actividades mineras



LOS ÓPALOS DEL DISTRITO OPALÍFERO DE TEQUISQUIAPAN EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

Imagen 3 anexo. La Imagen muestra la hoja frontal del tríptico que se distribuyó en la comunidad de la trinidad para dar a conocer acerca de los requerimientos administrativos, y trámites administrativos para las actividades mineras.

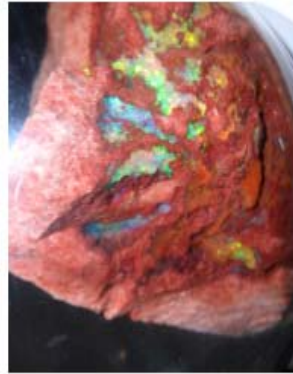
Dependencias a las que hay que acudir para realizar actividades mineras

La regulación de la actividad minera está a cargo de las dependencias siguientes:

- 1.-Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)
- 2.-Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
- 3.- Secretaría de Economía (SE) (antes llamada Secretaría de Comercio y Fomento Industrial)
- 4.- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- 5.-Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) Registro Agrario Nacional (RAN).
- 6.- Comisión Nacional del Agua (CNA)
- 7.-Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).
- 8.-Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).
- 9.- Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).
- 10.- Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales es un órgano descentrado de la Secretaría de la Función Pública (INDAABIN)

Procedimiento para la obtención de una concesión minera.

Las concesiones mineras pueden obtenerse a través de una licitación pública o mediante una solicitud presentada por la parte interesada ante la delegación minera correspondiente en términos de la Ley y siguiendo el Reglamento y el Manual de Minería.



TRIPTICO ELABORADO POR A.CUERVO PARA LA DIFUSION DE LOS TRAMITES Y DEPENDENCIAS A LAS QUE SE DEBE ACUDIR PARA PODER REALIZAR ACTIVIDADES MINERAS PARA ASESORIA DE LOS PEQUEÑOS MINEROS DE LA COMUNIDAD DE LA TRINIDAD TEQUISQUIAPAN, QUERETARO.

2014

Imagen 4 anexo. La Imagen muestra la hoja posterior del tríptico que se distribuyó en la comunidad de la trinidad para dar a conocer acerca de los requerimientos administrativos y trámites administrativos para las actividades mineras.

GLOSARIO

Andesita. Roca volcánica de textura de grano muy fino. Es el equivalente volcánico de la diorita está compuesta principalmente de oligoclasa o andesina.

Botrioidal: Término aplicado a minerales que aparecen en agregados con superficies redondeadas, parecidos a un racimo de uvas.

Cabujón: Forma redonda u ovalada que se le da al ópalo.

Estalactítica: Que tiene forma de estalactita, larga y puntiaguda.

Hidrófano: Ópalo que adquiere transparencia dentro del agua.

Iridiscencia: Fenómeno óptico producido cuando la luz blanca se difracta en ciertas superficies descomponiéndola en colores espectrales, se produce un efecto visual semejante al producido por las

pompas de jabón o la de las películas de aceite sobre agua. (Comelius et al 1997).

Juego de colores. Variedad de colores que produce la interferencia de la luz en la superficie o en el interior de un mineral cuando el ángulo de la luz incidente cambia.

Fractura astillosa: La superficie de fractura se rompe de forma de astillas o fibras.

Fractura concoidea: Dicho de la fractura de los cuerpos sólidos que resulta en formas curvas: Semejante a la concha.

Opalescencia: Se produce cuando la luz blanca se difunde sobre un ópalo común cuya estructura no es un apilamiento regular interno de las esferas y adquiere un aspecto lechoso, con irisaciones.

Luminiscencia: Es todo proceso de emisión de luz.

Miarola: Cuando en las facies finales se alcanza la sobresaturación en agua se separa una fase acuosa que contiene álcalis, sílice y alúmina en solución. Si la permeabilidad en el interior del granitoide es muy pequeña, las parcelas acuosas quedan retenidas y forman agregados cristalinos de formas irregulares, con tamaños del orden de centímetros y contactos difusos. Estos agregados se denominan miarolas y pueden ser totalmente cristalinas o parcialmente huecas.

Potch: Nombre también dado al ópalo común

Quilate Gemológico.- Internacionalmente se utiliza la abreviatura “ct”, en español también se utiliza la abreviatura “qte”. El peso de todas las gemas talladas se expresa en quilates. Un quilate equivale a la quinta parte de un gramo, es decir a 200 miligramos.

Lepisferas: morfología de la sílice micro cristalino, formado por un inter crecimiento de láminas de cristobalita y tridimita

Reniforme: Hábito cristalino en crecimiento con forma parecida a la de un riñón.

Toba: Ceniza volcánica endurecida.

Traquita. Roca volcánica compuesta de feldespato vítreo y cristales de hornblenda o mica, muy ligera, dura y porosa, y estimadísima como piedra de construcción.

Tridimita y la **Cristobalita** son minerales típicos de rocas volcánicas como riolitas, traquitas y dacitas (Besoain, 1985)

Wíngaro: Especie de marro que servía para golpear la roca.

Xiloideo(a): Que se parece a la madera o que es de la naturaleza de la madera, leñoso.

Pierre Gilson. Fue el primero en inventar el ópalo producido en laboratorio en 1974.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, B. (2004). Etude microstructurale des opales: application a la destabilisation par blanchissement. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes. À l'Institut des Matériaux Jean Rouxel, Nantes.

Anuario Económico Municipal.(2010);(1989) Presidencia Municipal de Querétaro México, Secretaria de Desarrollo Sustentable 2010. p. 148-151.

Ávila J. (1974). Aspectos Económicos de la minería en México (caso del ópalo) Universidad Nacional Autónoma de México. *Tesis de Licenciatura en Economía.* Facultad de Economía. p. 78-95.

Besan, E. (1985) Mineralogía de las arcillas de suelos. CIDIA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura .Serie de Libros y Materiales Educativos. San José Costa Rica. p. 263.

Cárdenas J; coord.; Rodríguez, E. compilación [et al.] (1992). Monografía Geológico-Minera del Estado de Querétaro. México. Subsecretaria de Minas e Industria Básica, Consejo de Recursos Minerales. p. 83-93.

Caride de Liñán, C., Llorente Gómez, E. (1992), Minas y minerales de Iberoamérica. *Instituto Tecnológico Geo Minero de España* 1992, 286 pág., ISBN 84-7840-149-0 p. 86-88.

Cornelius Klein, Cornelius S. Hurlburt Jr. (1997) Manual de mineralogía, basado en la obra de **J.D.DANA** cuarta edición, Editorial Reverté s.a. España. ISBN 84-291-4608-3 p.588-589.

Diccionarios Oxford-Computense. (2000) Ciencias de la Tierra / Dictionary of Earth Sciences Editorial compútense S.A.Madrid definición de Lepisferas. p.455.

Eckert, Allan W. (1997). The World of Opals. Ed.John Wiley &sons inc.p.226-228

INEGI, (1993) La minería en México.p.3-5; 55.

Ramírez Santiago. (1884).Noticia Histórica de la Riqueza minera de México y de su actual estado de explotación. México: Oficina Topográfica de la Secretaria de Fomento. P.236-244; 631-636.

Salacroux M. (1840) Nuevos elementos de Historia Natural, conteniendo la Zoología, la Botánica, la Mineralogía y la Geología aplicadas a la Medicina, a la Farmacia, a las Ciencias y Artes comunes volumen V. Traducida por Don José Rodrigo. Imp. De Verges.

SGM. (2011) Servicio Geológico Mexicano. Panorama minero del estado de Querétaro, gobierno Federal. Secretaria de Economía. Septiembre 2011.

Schumann, Walter (1997), Gu.a de las piedras preciosas y ornamentales: todas las gemas y piedras ornamentales del mundo ilustradas mediante 1500 fotografías en color. Editorial Omega, S.A. p.150, 271.

Webster R. (1970) Opal. Gems, Their sources, Description and Identification, revised by B.W. Anderson, 4th edition. Butterworth, Londres, p.187-196.

CONSULTAS HEMEROGRÁFICAS

Aguilar Reyes, Bertha Oliva, Ostroumov, Mikhail, Fritsch, Emmanuel. (2005). “Estudio mineralógico de la desestabilización de ópalos mexicanos”, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen. 22, núm. 3, p. 391-400.

Consejo de Recursos Minerales (Coremi) 1992, Monografía Geológica Minera del estado de Querétaro: México, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, consejo de Recursos Minerales, 218p.

Corona R. y Benavides M.E. (1989). Instituto de Geología - Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín de Mineralogía volumen 4, núm.1, p. 80-85. México.

Cortés C, J. Muñoz Saldaña, Jaramillo Viguera, F. J. Espinoza Beltrán. (2006) “Preparation of sized controlled of nanometric spheres of colloidal silica for synthetic opal manufacture” Materials Science Forum 509 p.187-192.

Cruz-Ocampo Juan Carlos, Canet Carles, Peña-García Darío. (2007) Las Gemas de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, núm . 1, p. 9-18.

Fritsch E., Gaillou E., Ostroumov M., Rondeau B., Devouard B., Barreau A. (2004) Relationship between nanostructure and optical absorption in fibrous pink opals from Mexico and Peru, European Journal of Mineralogy, 16, p.743-752.

Gaillou E. Delaunay A., Rondeau B., Bouhnik-le-Coz M., Fritsch E., Cornen G., and Monnier C., (2008). The geochemistry of gem opals as evidence of their origin. Ore Geology Reviews volumen. 34, p.113–126.

Jones J.B., Segnit E.R. (1971) The nature of opal. Part 1: Nomenclature and constituent phases, Journal of the Geological Society of Australia, volumen. 18, iss.1 p.57-68.

Koivula J., Fryer C., Keller C.P. (1983) Opal from Querétaro, occurrence and inclusions, Gems & Gemology, volumen. 19, núm 2, p. 87-98.

Ostroumov M., Fritsch E., Lasnier B., Lefrant S. (1999) Spectres Raman des opales: aspect diagnostique et aide à la classification, *European Journal of Mineralogy*, 11, p.899-908.

Ostroumov M., Fritsch E., Lefrant S. (1999a) Primeros datos sobre la espectrometría Raman de los ópalos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Universidad Autónoma de México. Instituto de Geología y Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 16 num.1 p.73-80.

Fritsch E., Wery J., Ostroumov M. (1999) Classification of gem opals using Raman spectroscopy. *Gems & Gemology*, Vol. 30, No. 3, p. 145.

Raman C.V., Jayaraman A. (1953). The structure of opal and the origin of its iridescence, *Proc. Indian Acad. Sci.*, 38, p.101-108.

Raman C.V., Jayaraman A. (1953 a.) The structure and optical behavior of iridescent opal, *Proc. Indian Acad. Sci.*, 38, p.343-354.

Rondeau B., Fritsch E., Guiraud M., Renac C. (2004) Opals from Slovakia ("Hungarian" opals) : a re-assessment of the conditions of formation, European Journal of Mineralogy, September- October 2004, volumen.16, núm .5 p.789-799.

Sanders, J.V., (1964), Colour of precious opal: Nature journal, 12/1964, Volume 204, issue (4964), p.1151-1153.

Sanders J.V., Darragh P.J. (1971). The Microstructure of Precious Opal, The Mineralogical Record, volumen. 2. 6 núm November - December 1971, p.261-268.

Sanders J.V., (1975). Microstructure and Crystallinity of Gem Opals, American Mineralogist, Volume 60, p.749-757.

Zeitner, J.C., (1979). The opal from Queretaro. Lapidary Journ., 33, 4, p.868-880.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

Baker And Mckenzie. (2011) Inmobiliario e Infraestructura, México. Ley Minera en México. http://www.bakermckenzie.com/files/Publication/beb300ad-c62c-4a78-8670-3482c4901bfa/3f8ae967-23e6-4cd3-b833-cf5c413cbad2/Presentation/PublicationAttachment/088cbda7-a0d1-4bf5-ae10-35a5f343b534/mm_mexico_spanish_mininglawmexico_2011.pdf

Cámara de diputados del h. congreso de la unión. “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”, “Ley Minera” www.cddhcu.gob.mx consultado el 26 mayo 2013 16:45h.

CONAPO (2013) Secretaría General del Consejo Nacional de Población, población Querétaro. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De_las_Entidades_Federativas_2010-2050 Última modificación: martes 16 de abril de 2013 a las 18:48:06 por Auralet Ojeda Lavin, consultado 3 mayo 2013 17:30 h.

CONCYTEQ. (2013) Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.

http://www.concyteq.edu.mx/cgrn2/medio_fisico.htm

consultado 2 mayo 2013 18:05h.

Diccionario De La Lengua Española

Real Academia Español. Vigésima segunda edición

<http://lema.rae.es/drae/?val=ópalo> consultado 20 de

enero 2013 8:45h.

Fritsch E., Ostroumov M., Rondeau B., Aguilar-

Reyes B., Barreau A., Albertini D., Gaillou E. Y

Wery J.(2004 a). La nano- à micro-structure des

opales gemmes naturelles: Relation avec les conditions

de formation et de croissance articulo.

www.geminterest.com. Consultado el 1 mayo 2013.

7:05 h.

Fritsch E., Ostroumov M., Rondeau B., Aguilar-

Reyes B., Barreau A., Albertini D., Gaillou E. y

Wery J. (2004 b) Presentación/Articulo:La nano- à

micro-structure des opales gemmes naturelles:

Relationavec les conditions de formation et de

croissance.[http://www.geminterest.com/download/articl](http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostructureopalecom.pdf)

[es/article.nanomicrostructureopalecom.pdf](http://www.geminterest.com/download/articles/article.nanomicrostructureopalecom.pdf). Consultado

el 7 septiembre 2013. 19:23 h.

Geminterest(2013): ficha técnica del ópalo
<http://www.geminterest.com/gemlistpop.php?ID=>.
Consultado 25 abril 2013 ,19:32h.

Google Earth. Fecha consulta,12 mayo 2013 14:25h.

Ostrooumov M. (2006). Ópalo mexicano: localización y breve descripción. <http://www.mineralog.net/wp-content/uploads/2011/09/EL-OPALO-MEXICANO.pdf>
consultado el 7 marzo 2013 22:45h.

Secretaria de economía.(2013). Estudio de la Cadena Productiva del Ópalo. Documento de Análisis.Secretaría de Economía.Coordinación General de Minería.Dirección General de Desarrollo Minero.Dirección de Fomento y Organización.Subdirección de Cadenas Productivas.México, Distrito Federal, octubre 2013.
http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/cp_opalo_1013.pdf consultado el 12 de Enero 2014 18:10h.

SIAM. (2013). Sistema Integral de Administración Minera. <http://www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/> Consultado el 12 mayo 2013 14:22 SIAM, (2013).

http://www.siam.economia.gob.mx/swb/es/siam/Tarifas_de_Pagos. Consultado el 13 mayo 2013 19:39 SIAM, (2013).

http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/guia_de_procedimientos_mineros_0513.pdf. Consultado el 9 febrero 2013 20:43 SIAM, (2013).

Manual de Servicios al Público en Materia

Minera.(Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28/07/1999)

<http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/M1.pdf>

SGM. (1999). Servicio Geológico Mexicano. Carta Geológica –minera Querétaro F14-10 1999 Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Edo de México. http://mapserver.sgm.gob.mx/cartas_impresas/productos/cartas/cartas250/geologia/pdf/77_F14-10_GM.pdf consultado el 6 mayo 2013. 22:16h.

Sociedad Mexicana de Mineralogía, (2013)

<<http://www.geocities.com/smexmineralogia/opalo.htm>

> consultado el 2 de febrero del 2013. 13:24 h.

Tequisquiapan.(2014)

<http://www.tequisquiapan.com.mx/docs.php?id=95>>

consultado 3 el de febrero del 2014. 8:56h.

Ostrooumov M.(2007). Les opales mexicaines: gemmologie et cristallographie. Premières données sur l'évaluation quantitative de la couleur de diffraction

<http://www.geminterst.com> consultado 23 abril 2013.

20:40h.

Ostrooumov,M. http://www.mineralog.net/wp-content/uploads/2011/09/Nano_microstructure_opale_com.pdf

Querétaro.(2013).

http://www.queretaro.gob.mx/info_queretaro.aspx?q=C0ZUwi4N3J0a+x222RrdKQ== consultado 4 enero

2013. 20:34h.

UNAM, (2013). Instituto de Investigaciones Jurídicas.
Biblioteca Jurídica Virtual. Boletín de Derecho
Comparado número 77.
<http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/77/el/el8.htm>> consultado el 15 de abril del 2013. 23:45h.

USON Universidad de Sonora. (2013) Departamento
de Geología.
<http://www.geologia.uson.mx/academicos/amontijores/compmine.htm>. Consultado 29 abril 2013. 22:49h.

wikimedia.org

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neohibolites_sp.,_opalized_belemnite,_Late_Early_Cretaceous,_Cooper_Pedy_Formation,_Cooper_Pedy,_South_Australia_-_Houston_Museum_of_Natural_Science_-_DSC01937.JPG Consultado el 2 marzo 2014 13:54h.

Ybarra,R. Biblioteca de joyería
<http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya3/3opalo.htm> consultado 2 diciembre 2012. 10:36h.