



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO GEOLÓGICO ECÓNOMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO
MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEÓLOGO

P R E S E N T A N:

MARTÍNEZ FLORES ERIC FRANCISCO

ORTEGA GAMBOA VALENTÍN



**ASESOR:
ING. JESÚS CASTRO MORA**

CIUDAD UNIVERSITARIA 2009



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-1368

SR. ERIC FRANCISCO MARTÍNEZ FLORES
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Jesús Castro Mora y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

ESTUDIO GEOLÓGICO-ECONÓMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- INTRODUCCIÓN**
- I ANTECEDENTES**
- II ASPECTOS GEOGRÁFICOS**
- III SÍNTESIS GEOLÓGICA**
- IV GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CERRO COLORADO**
- V ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**
- VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- ANEXOS**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, D. F., a 25 de octubre de 2007

EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZÁLO GUERRERO ZEPEDA

RJPYS*tjh



LIBERTAD NACIONAL
AUTONOMÍA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-1369

SR. VALENTÍN ORTEGA GAMBOA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Jesús Castro Mora y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

ESTUDIO GEOLÓGICO-ECONÓMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- INTRODUCCIÓN**
- I ANTECEDENTES**
- II ASPECTOS GEOGRÁFICOS**
- III SÍNTESIS GEOLÓGICA**
- IV GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CERRO COLORADO**
- V ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**
- VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- ANEXOS**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cd. Universitaria, D. F., a 25 de octubre de 2007
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZÁLO GUERRERO ZEPEDA

RJPYS*tjh

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por formarme como profesionalista.

A mi director de tesis, el Ing. Jesús Castro Mora por mostrarme una nueva cara de la geología. Gracias por enseñarme como se deben hacer bien las cosas. Gracias por su conocimiento, apoyo y por motivarme nuevamente a seguir en el camino de la geología particularmente en el área de minería, algo que jamás pensé.

Al Ing. Miguel I. Vera Ocampo, por su confianza, apoyo y comentarios durante la realización de este trabajo, ojalá hubiera podido ser su alumno.

A la maestra Marta Patricia González, a la maestra Kazulo Nagao y al maestro Naoki Fujita, profesores del idioma japonés del CELE de la UNAM por brindarme su conocimiento, gracias a todo su apoyo y todo el tiempo que me dedicaron, logré encontrar una de las vocaciones más hermosas que jamás imaginé.

A mi compañero de tesis y amigo Valentin Ortega Gamboa, a pesar de las adversidades, siempre estuvo hasta el final.

Gracias al M.I. Alberto Herrera Palomo, al Ing. Germán Arriaga y al Ing. Héctor Macias por sus observaciones, correcciones y comentarios.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería.

Al presidente de la minera SAGO Import Export, Daniel Sánchez, por todas las facilidades y apoyo para poder realizar este trabajo.

Al Ing. Heliodoro Rangel por su apoyo durante nuestro trabajo de campo.

Al la I.Q. Guadalupe Contreras Ordaz y al laboratorista Mario Peña, ambos del Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería por su apoyo a la hora de hacer los análisis de las muestras.

Al Ing. Guerrero por facilitarnos el poder trabajar en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería.

Eric Francisco Martínez Flores

Dedicatoria

A mis padres. Gracias por haberme apoyado y aguantado durante todos estos años.

A Pancha y a Isaac

A mi tío Enrique y mi tía Carmen (q.e.p.d.) y a mis primos Mary, Rogelio, Juan y Quique.

A Erika, gracias por todos estos años de tu cariño, apoyo, apapachos y confianza. Se que tan importante se volvió para ti el que yo esté por concluir esta etapa.

A mi "roomie" y gran amigo Henry por esos 20 años de amistad

A Zoro "el cabón" que me cambió la vida

A mis amigos Ismael, Cesar "el Lic.", Cesar "el Mono", Edith, Andrea, Raquel, Bety, Magda y Vicky, Azucena, Nayelli por cada uno de los años de amistad que hemos pasado juntos.

A los geólogos, que gracias a su compañía y amistad uno se podía llevar la carrera más alivianada: Bety, Sandra, Jessica, Nora, Dante, Gonzalo, Diana, Valentín, Carlos "el Boa" (q.e.p.d.), Ivan Oswaldo, Nancy y Belmont.

A Luz con muchísimo cariño

A la familia Munguia por su confianza y haberme abierto las puertas de su casa todos estos años

A Adriana de la UPIICSA del IPN, gracias por todo el apoyo que me has brindado estos últimos meses y gracias por tu amistad.

A Deyanira, Temo, Karla, Daniela, Bere y Antulio, también de la UPIICSA del IPN, aunque no lo saben, en un momento difícil para mi, ustedes me apoyaron más de lo que se imaginan. Gracias por confiar en mi.

Masami, Ryousuke, Chiaki to Akiko, minna no yuujo de sore ni iroiro tetsudatte kureta node arigatou. Anata tachi no okage de boku ha itsumo nihongo ga umakunatta. Kyoushi ni naru yume wo kanaeru koto ga dekita.

Eric Francisco Martínez Flores

A la memoria

A mi hermana Reyna (†), gracias por los momentos en los que disfrute de tu compañía, esperaba convivir contigo logros, metas que son parte de ti y ahora estoy concluyendo, pero frente a este acontecimiento inevitable que no esperaba fuera tan pronto, no hay como hacerle frente, no los puedo compartir contigo.

Estoy muy agradecido de todo tu apoyo, enseñanzas, consejos, llamadas de atención y jalones de orejas, siempre te recordare y estarás conmigo.

Gracias Chiquis..... ¡Te quiero mucho hermanita! siempre llevare una parte de ti.

A mi Tío Nicolás (†)

Dedicatoria

A mis padres Alejandro y Felipa, agradezco su apoyo, dedicación, esfuerzo y paciencia que tuvieron conmigo para cumplir esta meta que trazaron para mí, sobre todo, muchas gracias por brindarme la oportunidad de seguir adelante ya que ustedes carecieron de las condiciones que me brindaron en todo momento...!los quiero mucho!.

A mi Tía Nico: por ser mi segunda mamá

A mis hermanos: Alejandra, Isabel, Eduardo, Mario, Alonso, Bernardo y Marco Antonio porque en todo momento de dificultad estemos unidos apoyándonos.

A mis cuñados: Federico, Carmen, Isabel, Víctor, Teresa, gracias por su apoyo, cariño y amistad

A mis sobrinos: Laura, Humberto, Carlos, Luís Enrique, Arony, Narda, Guadalupe, Fernando, ustedes también pueden lograrlo, recuerden que siempre estaré apoyándolos.

A mis Tías: Sara, Josefina, Micaela y Teresa gracias por ese apoyo en los momentos en los que se requiere de la familia.

Valentín Ortega Gamboa

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitir lograr formarme.

A la Facultad de Ingeniería, gracias por la formación profesional.

A los ingenieros: Jesús Castro Mora, gracias por transmitir sus conocimientos, disposición y consejos para ser un mejor profesionista, agradezco su apoyo moral que permitieron concluir con el proyecto.

Miguel I. Vera Ocampo, gracias por sus comentarios y sugerencias al presente trabajo.

Alberto Herrera Palomo, gracias por brindarme su ayuda y apoyo a lo largo de mis estudios.

Germán Arriaga, Héctor L. Macias, gracias por su tiempo y enseñanzas.

A los profesores que compartieron sus conocimientos en las aulas y prácticas.

A la Cía. Comercializadora SAGO Import Export, S.A. de C.V. y al Sr. Daniel Sánchez por la disposición y facilidades otorgadas durante el tiempo necesario de la tesis. Gracias

Al Ing. Helio Rangel por su apoyo, tiempo, dedicación, consejos e importante ayuda. Gracias

Al compañero y amigo Eric Francisco por el apoyo recibido. Gracias

A los compañeros de la facultad: Amelia, Diana, Nora, Jessica, Sandra, Bety, Nancy, Irasema, Rosalía, Claudia Berenice, Mayra, Juan Carlos, Andrés, Omar, Humberto, Héctor, Alexis, Gerardo, Isaías, Mario, Francisco, Carlos "Boa"(†), Dante, Juan Raymundo, Iván, Arturo, Gustavo, David, Belmont, Félix, Almodóvar, Gonzalo, Quetzalcoatl, Luís, Luis Lynn, Pedro, por su amistad, tiempo y compartir clases con ustedes.

A la Ing. Química Guadalupe Contreras por la facilidad en la realización de los análisis de laboratorio.

A los laboratoristas: Mario Peña, Alejandra Ramírez, Juan José, Jorge, Sergio, Roberto, por sus compartir sus conocimientos y amistades.

Adán Castro por su tiempo y dedicación para el manejo de autocad.

A PEMEX PEP activos Reynosa y Cd. del Carmen, por permitir realizar practicas en sus instalaciones.

Al IMTA por facilitar su apoyo en las practicas escolares.

Valentín Ortega Gamboa

Momentos

En los momentos de incertidumbre
busca a alguien que te escuche.

En los momentos de angustia,
debilidad y desaliento,
no hay nada mejor
que encontrarse con una persona
que te escuche con el corazón.

Una persona que comprenda,
que respete tus sentimientos,
que no te clasifique con frialdad,
sino que te consuele
y aligere tu peso.

Gavahe

**“Cuando un hombre busca su destino, se ve forzado muchas veces a cambiar de rumbo.
Otras, las circunstancias externas son mas fuertes y se ve obligado a acobardarse y ceder.
Todo esto forma parte del aprendizaje”.**

Paulo Coelho de La Quinta Montaña

Índice

Introducción	4
- Metodología	8
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	
1.1.- Historia minera	10
1.2.- Estudios previos	13
CAPITULO 2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS	
2.1.- Localización y vías de acceso	15
2.2.- Clima y vegetación	18
2.3.- Aspectos socio-demográficos	18
2.4.- Provincias fisiográficas	22
CAPITULO 3. SÍNTESIS GEOLÓGICA	
3.1.- Estratigrafía	25
3.2.- Geología estructural	30
3.3.- Tectónica	37
CAPITULO 4. GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CERRO COLORADO	
4.1.- Marco geológico	40
4.1.1.- Estratigrafía	43
4.1.2.- Geología estructural	50
4.1.3.- Marco tectónico	51
4.2.- Distribución y análisis de alteraciones	52
4.3.- Obras mineras (descripción)	54
4.4.- Distribución de muestreo superficial	59
4.4.1.- Contenidos metálicos (Leyes)	61
4.5.- Muestreo de interior mina	62
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	71
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76

ANEXOS

- Diagrama de inclinación preferencial de los estratos	81
- Oficio de los laboratorios del Servicio Geológico Mexicano	82
- Mapa geológico regional (1: 50,000)	
- Mapa geológico semidetalle (1: 10,000)	

BIBLIOGRAFÍA	103
---------------------	------------

Índice de figuras

Figura 1.1	Valle de Zimapán en 1564.	11
Figura 2.1	Localización del distrito minero de Zimapán.	16
Figura 2.2	Acceso al área de estudio.	17
Figura 2.3	Mapa de climas del estado de Hidalgo.	19
Figura 2.4	Mapa de vegetación del estado de Hidalgo.	20
Figura 2.5	Provincias fisiográficas de México.	23
Figura 3.1	Mapa geológico regional.	24
Figura 3.2	Columna estratigráfica de la región de Zimapán	27
Figura 3.3	Plano de estructuras mayores del distrito minero de Zimapán estado de Hidalgo.	32
Figura 3.4	Sección transversal de la porción septentrional de la hoja Zimapán.	35
Figura 3.5	Esquema que muestra la secuencia tectónica del sector NW del distrito minero Zimapán, estado de Hidalgo.	38
Figura 4.1	Esquema que muestra el cambio de orientación de los estratos en distancias que no pasan los 10 metros.	41
Figura 4.2	Columna estratigráfica del Cerro Colorado.	44
Figura 4.3	Definiciones de la Orogenia Laramide.	53
Figura 4.4	Croquis de la Mina Vieja.	63
Figura 4.4.1	Niveles "El Chicharrón" y "El Quince" de la Mina Vieja.	64
Figura 4.5	Croquis de la mina San Antonio.	65
Figura 4.6	Croquis de la mina La Luz.	66
Figura 4.7	Croquis de la mina Tepozán.	67
Figura 4.8	Croquis de la mina Los Murciélagos.	68
Figura 4.9	Croquis de la mina Socavón Nuevo.	69
Figura 5.1	Sección esquemática desde el Cerro Colorado hasta la Barranca de Los Mármoles.	74
Figura 5.2	Modelo 3D del Área Cerro Colorado.	75

Índice de fotografías

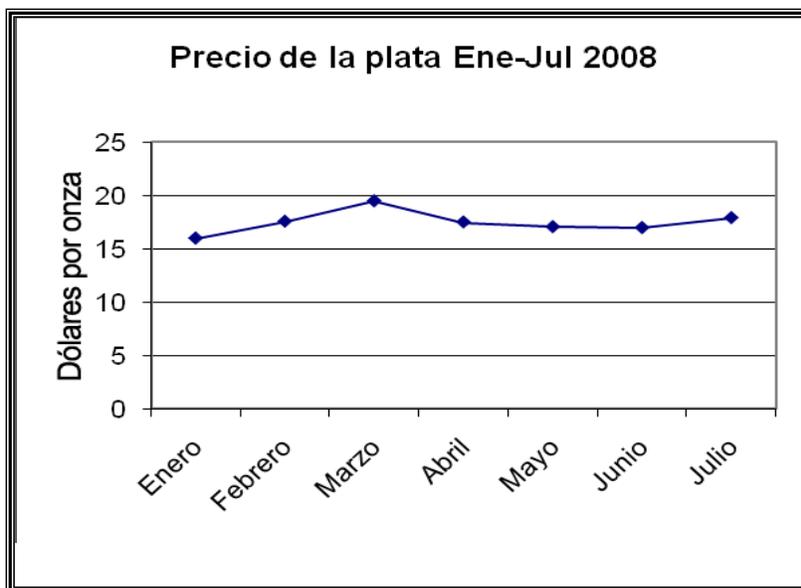
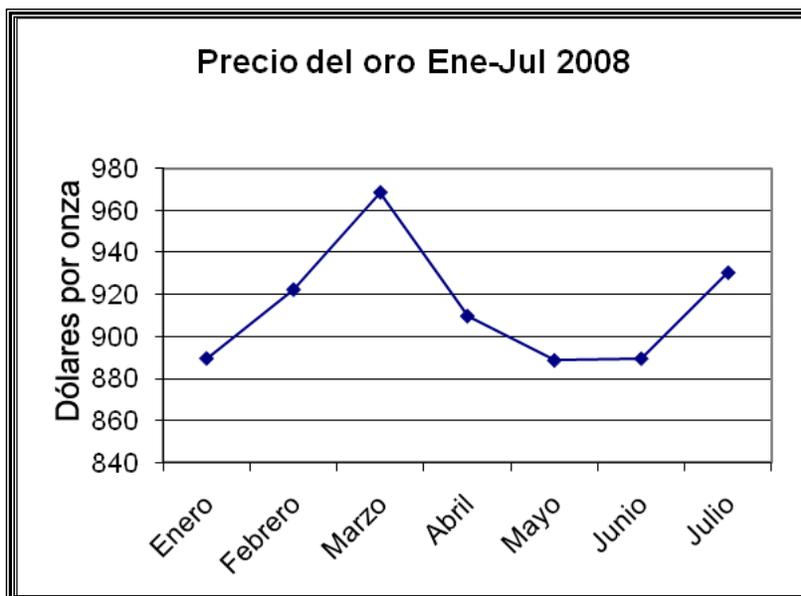
Fotografía 2.1	Vista panorámica hacia el NE del poblado Jagüey Colorado.	21
Fotografía 3.1	Vista panorámica de la cabalgadura El doctor tomada desde la porción noroccidental del Cerro Colorado.	33
Fotografía 4.1	Roca caliza con bandas de pedernal.	40
Fotografía 4.2	Rocas volcánicas de cerro El Panteón.	42
Fotografía 4.3	Intrusivo alterado sobre el camino de terracería que une los poblados de Cerro Colorado y Jagüey Colorado.	43
Fotografía 4.4	Afloramiento de la Formación Las Trancas a lo largo de la carretera federal 85, nótese el desarrollo de “boudinage”.	45
Fotografía 4.5	Caliza con estructuras estilolíticas de la Formación El Doctor.	46
Fotografía 4.6	Calizas arcillosas de la Formación Soyatal sobre el camino de terracería que conduce al poblado Cerro Colorado.	47
Fotografía 4.7	Fracturamiento en andesitas de la Formación Las Espinas vistas en el cerro El Panteón.	48
Fotografía 4.8	Corte del intrusivo granodiorítico sobre camino de terracería al poblado de Cerro Colorado.	49
Fotografía 4.9	Vista panorámica del Cerro Colorado dirección NW, tomada desde la carretera federal 85 México-Nuevo Laredo. Con línea negra se muestra la cabalgadura Jiliapan.	52
Fotografía 4.10	Ladera oriente del Cerro Colorado. Las circunferencias marcadas con las letras A, B y C hacen referencia a las zonas donde se encuentran las obras mineras.	54
Fotografía 4.11	Mantos de la mina La Luz.	56
Fotografía 4.12	Falla de desplazamiento lateral en la mina Los Murciélagos.	57
Fotografía 4.13	Skarn de wollastonita, poblado de La Encarnación	60

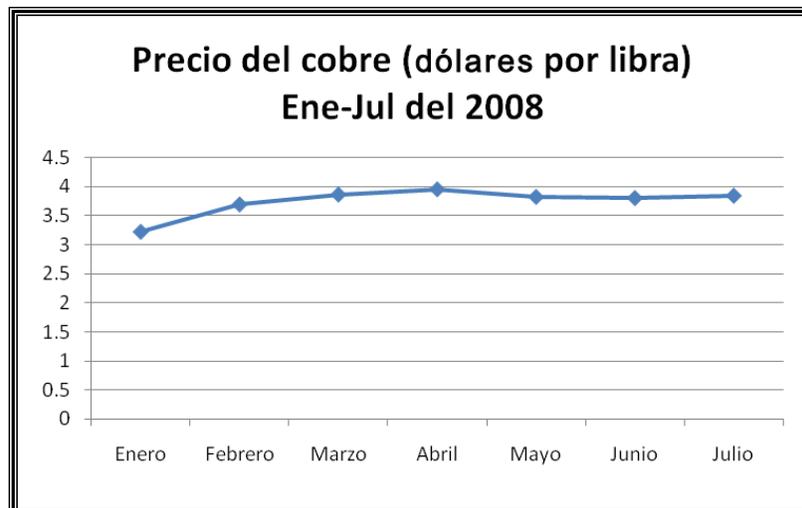
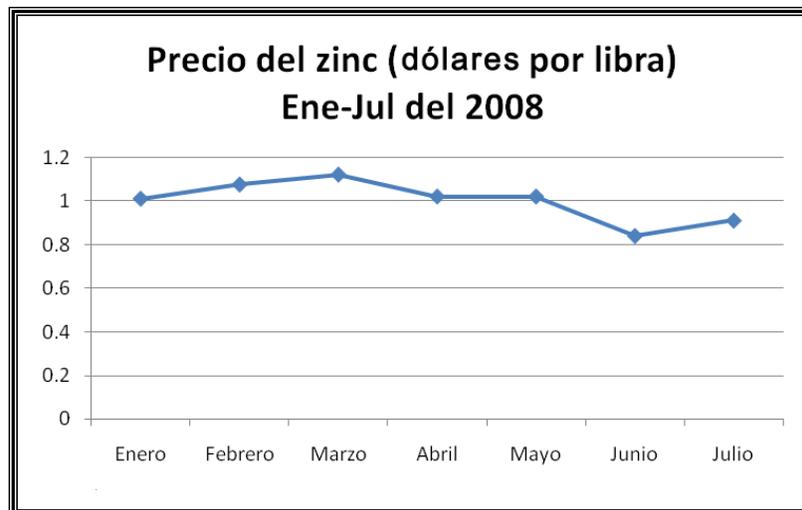
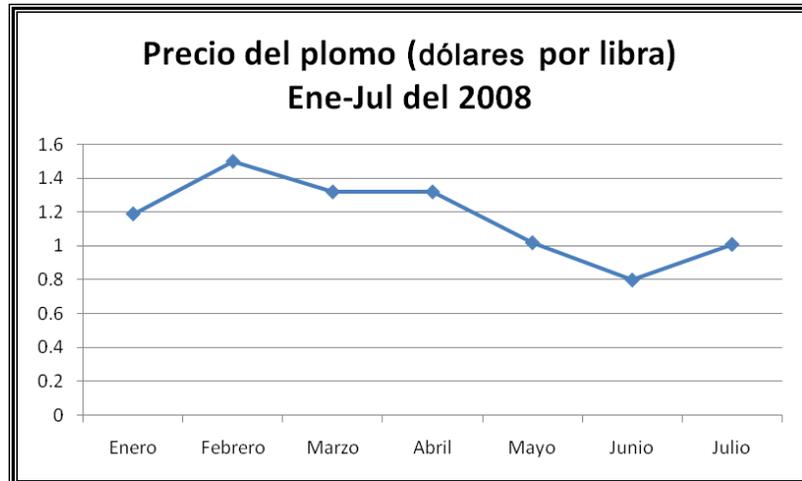
Índice de tablas

Tabla 1	Cotización de los metales en el primer semestre del año 2008.	5
Tabla 4.1	Leyes obtenidas de oro, plata, cobre, plomo y zinc.	61
Tabla 4.2	Leyes detectadas en la Mina Vieja.	64
Tabla 4.3	Leyes detectadas en la mina San Antonio.	66
Tabla 4.4	Leyes detectadas en la mina Tepozán.	68
Tabla 4.5	Leyes detectadas en la mina Socavón Nuevo.	70

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria de la minería, había estado prácticamente inactiva por varios años (exceptuando las empresas grandes) se ha venido reactivando poco a poco y lo ha hecho de una manera constante, debido principalmente a las altas cotizaciones logradas hasta el último trimestre del 2008 tanto por los metales preciosos (Au-Ag), como por los metales base (Pb-Zn-Cu) (Tabla 1).





**TABLA 1. COTIZACIÓN DE LOS METALES EN EL PRIMER SEMESTRE DEL
AÑO 2008.**

FUENTE: www.kitko.com

Es entonces que las pequeñas y medianas empresas mineras una vez más, con la ayuda del alza de la minería en el mundo, se han visto beneficiadas y han vuelto a reabrir sus minas o empezar a invertir en estudios que ayuden a la localización de futuros terrenos que puedan ser explorados y, en su caso, explotados.

La ayuda que ofrece el gobierno federal por medio de líneas de crédito que otorga el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI) se vuelve también importante para empresas que quieran desarrollar sus proyectos y así contribuir con la investigación, exploración, reactivación y explotación de la minería en México.

El presente trabajo corresponde a un estudio geológico realizado en la región noroccidental del estado de Hidalgo denominada como Región V: Zimapán (CRM, 1992), de la cual forma parte el municipio de Zimapán de Zavala que está dividido en diversas comunidades, siendo las de Cerro Colorado y Jagüey Colorado los lugares en los cuales fue elaborado este estudio.

Fisiográficamente los lotes mineros “Cerro Colorado” y “Ampliación Cerro Colorado” están enclavados en la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre Oriental y dentro de la provincia geológica del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 1992).

El alcance estratigráfico de la región de estudio geológico va desde el Jurásico Superior al Holoceno. Dicho registro estratigráfico está constituido por rocas sedimentarias carbonatadas de origen marino y continental, ígneo extrusivo e intrusivo, así como rocas metamórficas de bajo grado que no afloran en el área estudiada.

La mineralización está alojada principalmente en rocas carbonatadas que corresponden a la Formación El Doctor y de manera secundaria en la Formación Soyatal, de edades Cretácica Inferior y Superior respectivamente. Estas rocas

sedimentarias son afectadas por un cuerpo ígneo intrusivo del Terciario, que aflora en la comunidad de Cerro Colorado.

La mineralización corresponde a depósitos de reemplazamiento en rocas carbonatadas con relleno de cavidades y otra mineralización corresponde a un evento hidrotermal del Terciario que dio lugar a la formación de estructuras en forma de vetas.

Los grandes eventos geológicos correspondientes a la Orogenia Laramide y a procesos volcánicos del Terciario que dieron como resultado una mineralización tipo skarn e hidrotermal con aporte de metales como Fe, Au, Ag, Pb, Cu, Zn.

El estudio tiene como objetivo analizar las posibilidades económicas del lote minero Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado, esto se hizo por medio de un muestreo de las diversas litologías expuestas en el área para después realizar un mapeo tanto litológico como al interior de las diversas obras mineras que están presentes dentro del lote correspondiente, con la finalidad de realizar una propuesta de desarrollo para la exploración y consecuente explotación del lugar de donde se han extraído anteriormente minerales de plomo y zinc, oro, plata, cobre y hierro.

Otro de los objetivos del presente trabajo está dirigido principalmente a la búsqueda de la zona más rica tanto en metales base y preciosos dentro del lote "Cerro Colorado", así como de aportar nuevas observaciones y datos para complementar los anteriores trabajos. También se consideró proponer un modelo geológico del depósito que permita sustentar barrenación a diamante y un correspondiente estudio geofísico por métodos eléctricos agregando un mapa geológico como base para otros estudios.

La elaboración del trabajo se realizó en tres etapas, en las cuales se enuncian las actividades realizadas para cada una de ellas:

Metodología

i) La primera etapa estuvo dirigida a la recopilación y consulta de estudios previos del área de trabajo, tales como artículos, informes y la revisión de la cartografía geológica-minera del Servicio Geológico Mexicano (SGM) a escala 1:50,000 (carta San Nicolás F14-C59). La investigación también se basó en trabajos previos realizados por convenios entre el FIFOMI y el COREMI (1998). Para el trabajo de fotogeología se utilizaron ortofotos digitales F14C59D y F14C59A elaboradas y editadas por el INEGI en el año de 1995.

ii) La segunda parte se llevó a cabo en ocho semanas de trabajo en el área de estudio y se desarrollaron de forma alternada con trabajo de gabinete.

El trabajo de campo se desarrolló primero con la verificación e interpretación geológica recabada durante los caminamientos, tanto superficialmente así como de interior de mina, y con la obtención de datos que posteriormente fueron vaciados desde el GPS al Sistema de Información Geográfica (Arc View ver.3.2); también la recolección de muestras que fueron llevadas a los laboratorios de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (DICT) y del Servicio Geológico Mexicano (Centro Experimental Oaxaca) para su análisis fueron parte de esta etapa.

iii) La tercera y última etapa se realizó con toda la información recopilada y se procedió a iniciar la elaboración del mapa geológico regional y semidetalle del lote en cuestión.

Finalmente se procedió a digitalizar los planos del interior de las minas, los mapas regional y semidetalle, se realizaron las conclusiones y trabajos propuestos para desarrollar en el lote minero “Cerro Colorado”.

La aparición constante de nuevos programas de cómputo (software) aplicados en diversas áreas de las ciencias facilitan y ayudan a las investigaciones. El caso de *software* aplicado a la geología no es una excepción, puesto que la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (ArcView, ArcGis) en esta investigación tuvo la finalidad de crear un modelo en 3D que permitió determinar el alcance de la zona de mineralización formada como consecuencia de una intrusión en la roca sedimentaria, ayudando a tener mejor precisión y síntesis a la hora de obtener las conclusiones basadas en todos los resultados reunidos. Además también gracias a la aplicación de este programa se logró crear una base de datos que cuenta con información variada y detallada que puede ser de ayuda para futuras investigaciones.

1. ANTECEDENTES

1.1 Historia minera

La región de Zimapán representa una de las zonas que han despertado un gran interés de explotación minera desde que los españoles, se asentaron en esta región (1564) poco después de la conquista de México.

Los frailes Franciscanos pueden haber sido los primeros en visitar el lugar hacia el año de 1530, cuando ya predicaban en Huichapan y poco después lo harían desde Alfajayucan y desde Ixmiquilpan. Los colonos españoles que se asentaron en Zimapán, no lo hicieron por sus extensas áreas y fértiles tierras, sino por su riqueza mineral (Langenscheidt, A. 1987)

Hay documentos fechados uno en 1564, que alude a Zimapán como asiento de españoles y otro en 1576, que ya implica actividad minera pues se trata de una licencia a Pedro Romero para enviar una pipa de vino a las minas de Zimapán. Así se sabe que por el año de 1575, ya se habían establecido españoles que explotaban las minas cercanas (Figura 1.1).

Con el descubrimiento del *Vanadium* por don Andrés Manuel del Río, se empezaron a desarrollar serios estudios sobre Geognosia.

Con el descubrimiento del afloramiento de minerales oxidados en el área de “El Carrizal” en el sitio en que fue fundada la mina “Lomo de Toro”, se inicia la historia minera del distrito. Dicho suceso acaeció en el año de 1632, siendo el personaje central Don Lorenzo de Labra. Esta mina era de muy difícil acceso, pues para llegar a ella era necesario subir por una vereda abierta en zig-zag por entre las rocas y saltando un precipicio de 900 metros de profundidad que daba entrada a las minas.

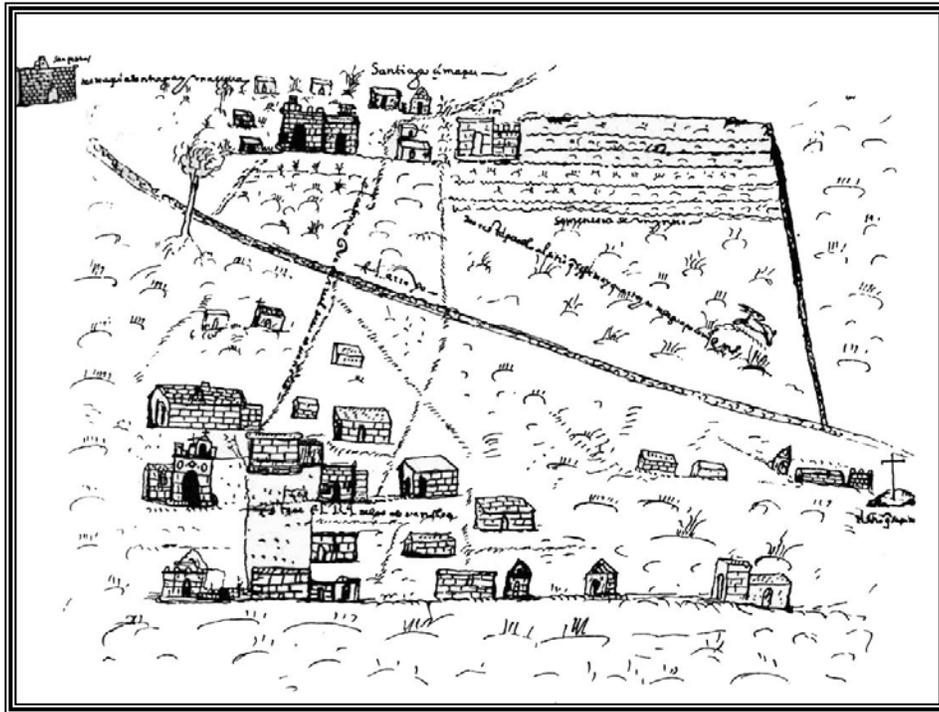


Figura 1.1, Valle de Zimapán en 1564, Langenscheidt, A.1987

La hacienda de beneficio de Conde de Regla, empleaba 3 mil toneladas de su mineral argentífero anualmente como fundente para sus vasos y hornos, todo este mineral tenía que ser transportado a lomo de mula a una distancia de 15 kilómetros.

Todavía existen galerías de grandes proporciones, lo mismo que túneles, tiros y cruceros de grandes dimensiones pero actualmente no es mucho el trabajo realizado en esa zona

Existen numerosas minas famosas de aquellos tiempos, muchas de las cuales fueron abandonadas principalmente porque eran muy inseguras, y después en épocas más recientes se encontraba el obstáculo de que faltaban medios de transporte así como carbón de madera para la fundición (Langenscheidt, *op cit.*).

Los trabajos de explotación al igual que en los demás distritos de la Nueva España, se desarrollaron ininterrumpidamente desde su descubrimiento hasta el movimiento de Independencia de 1810, para reiniciar las operaciones cincuenta años después.

Las actividades nuevamente se suspendieron a causa del movimiento revolucionario de 1910, y una vez estabilizada la situación política del país, se abrieron las fuentes de producción de minerales.

En la década de los años veinte, había en la zona un total de 18 minas en operación, cuya producción era fundida en los hornos de la región. Fue en esta región donde la compañía Hidalgo Mining And Smelting Co., inició los trabajos de explotación en el área conocida como El Monte.

En 1945, fueron descubiertos nuevos cuerpos de óxidos en la mina “Lomo de Toro” y para estimular la producción, se construyó el camino de acceso al área El Carrizal, con lo que se incrementó la extracción de las minas existentes (Balcones y Lomo de Toro). Es en esta misma década cuando la Compañía Fresnillo, S.A., inició sus actividades de exploración y explotación de óxidos y sulfuros en pequeña escala en el área El Monte.

En 1957, la Compañía Fresnillo instaló su propia planta de beneficio, en la cual desde su arranque hasta la fecha, se procesan minerales de las zonas El Monte y El Carrizal.

En la actualidad existen diversas empresas (pequeñas y medianas) desarrollándose en la región de Zimapán entre las cuales se encuentra la Compañía Comercializadora SAGO Import Export, S.A. de C. V., que es la concesionaria legal del lote, objeto del presente estudio, la cual brindó el soporte económico durante los trabajos de campo.

1.2 Estudios previos

Dentro del lote minero Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado, se localizan diversas minas desarrolladas por los españoles en la época colonial (Mina Vieja, San Antonio, Los Murciélagos y Tepozán), así como obras realizadas con fines exploratorios en la primera mitad del presente siglo, como son el Socavón Nuevo, la mina La Luz, El Enebro y la mina Carolina, las tres últimas fuera del área concesionada (Castro-Mora, 1998).

Se desconocen el volumen y las leyes de mineral que se explotaron durante la época de los españoles; sin embargo, se estima que durante el presente siglo, en el período comprendido entre los años 1935 a 1956, se extrajeron del conjunto de minas: Mina Vieja, San Antonio, Los Murciélagos y Tepozán alrededor de 120 ton/mes de mineral de plata, plomo y zinc.

Por su parte, durante el año de 1939, se extrajeron del Socavón Nuevo, alrededor de 100 toneladas de mineral de plomo. Asimismo, se estima que de la mina El Enebro fueron extraídas aproximadamente 120 toneladas mensuales de mineral de zinc durante el periodo 1953-1956.

Entre los primeros trabajos realizados dentro del lote minero de Cerro Colorado, se tiene el realizado por el Ing. Gustavo Icazbalceta B. en el año de 1986, quien realizó estudios respecto a valores existentes, reservas, muestreo, secciones de la mina, planeación de obra y análisis de costeabilidad de las diferentes unidades mineras localizadas en el lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado.

En 1991, se realizó una excursión geológica a la región de Zimapán, Hidalgo por parte de Max Suter y colaboradores, uno de los varios recorridos se llevó a cabo desde Puerto de la Estancia-Jagüey Colorado-Zimapán cuyos objetivos estaban dirigidos al entendimiento de las características tectónicas y observaciones de la

deformación estructural que afectaron a las rocas sedimentarias mesozoicas de la región.

Otro trabajo de interés es el que lleva el nombre de “Estudio Geológico Minero Evaluativo del Lote Cerro Colorado”, municipio de Zimapán, estado de Hidalgo, debido al convenio de “Apoyo al Programa de Reactivación y Consolidación de Distritos Mineros” FIFOMI-COREMI efectuado por el Ing. Jesús Castro Mora en el año de 1998.

2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS

2.1 Localización y vías de acceso

El distrito minero Zimapán, se localiza en la porción noroccidental del estado de Hidalgo a 185 km de la caseta de cobro por la autopista a la ciudad de Pachuca. Correspondiéndole las coordenadas geográficas: 20°40´ a 20°55´ de latitud norte y 99° 15´ a 99°30´ de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Figura 2.1).

La zona del presente estudio (Lote Minero Cerro Colorado) se encuentra ubicada al noroccidente del municipio de Zimapán de Zavala, aproximadamente a 18 km en línea recta al N42°E de esta cabecera municipal entre las comunidades Cerro Colorado y Jagüey Colorado. Los límites geográficos del área de estudio lo marcan las coordenadas UTM:

470000E, 2305000N

475000E, 2305000N

470000E, 2310000N

475000E, 2310000N

La Región V en la que Zimapán está situado (www.zimapan.gob.mx), se conforma por seis ayudantías municipales: Chapulhuacán, Jacala, La Misión, Pacula, Pisaflores y Zimapán. El lote minero Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado cubren en conjunto un área de 87 ha.

La principal vía de comunicación de esta región la constituye la carretera federal No. 85 México-Nuevo Laredo, la cual comunica a la Cd. de México y Cd. Valles. De esta carretera se desprenden varios caminos pavimentados así como de terracería que comunican a las diferentes comunidades de Zimapán

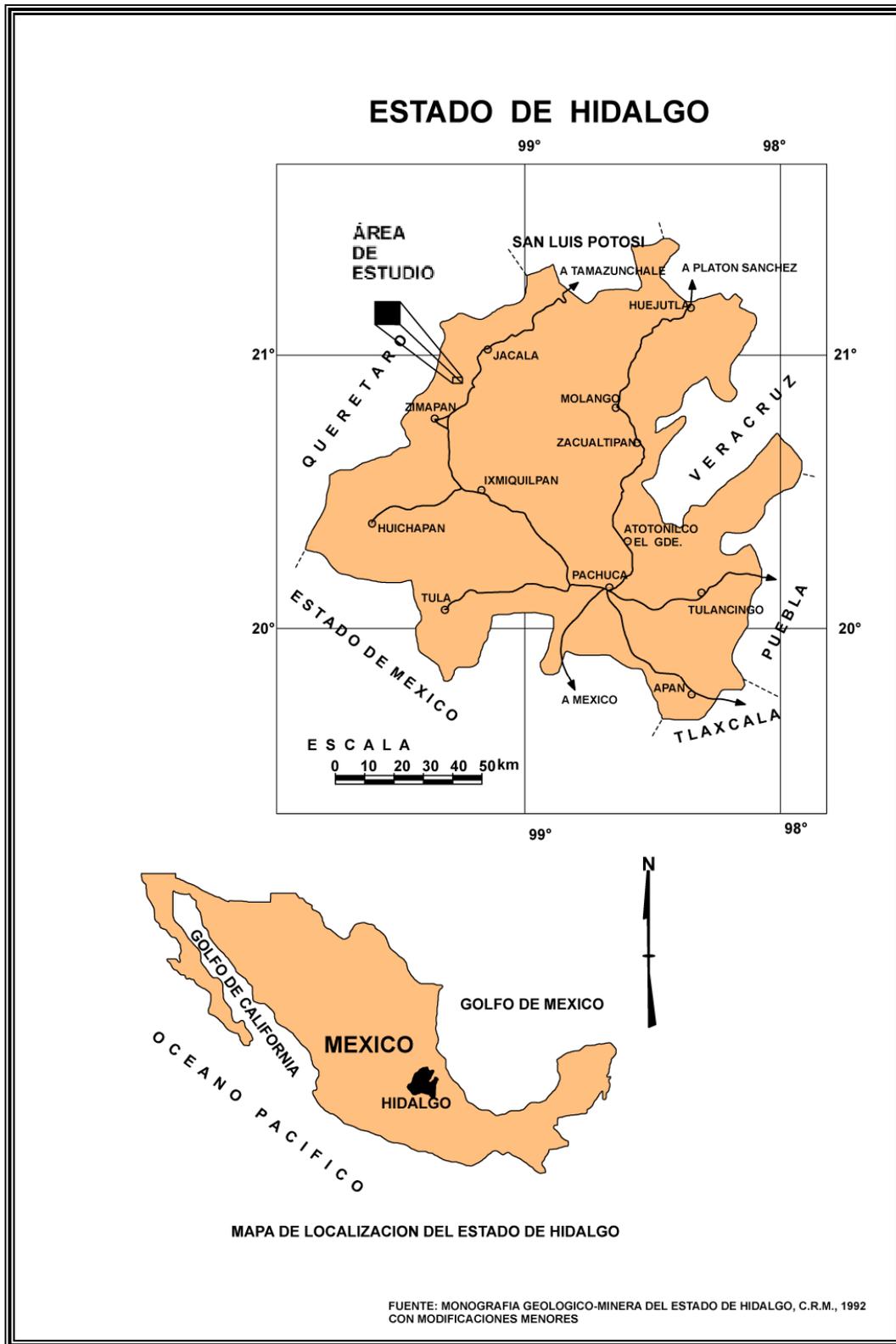


Figura 2.1 Localización del distrito minero de Zimapán

Acceso al área de estudio

El acceso se realiza por la carretera federal No. 85 México-Nuevo Laredo que converge con el municipio de Zimapán. A partir de Zimapán se toma la misma carretera No. 85 rumbo a Cd. Valles; a la altura del km 142 aproximadamente, se encuentra la comunidad de Maguey Verde y a partir de esta población se toma la desviación por un camino de terracería (que se encuentra en buenas condiciones) de aproximadamente 6 km con dirección a Jagüey Colorado para llegar al lote minero Cerro Colorado (Figura 2.2).



Figura 2.2 Acceso al área de estudio

2.2 Clima y Vegetación

El municipio de Zimapán tiene un clima templado, registra una temperatura media anual de 18.3°C, una precipitación pluvial de 391 mm por año y el periodo lluvioso de mayo a junio. El clima predominante es semicálido y templado medio (Figura 2.3) (www.zimapan.gob.mx/wb2/municipios/13084_datos_geograficos).

La comunidad de Cerro Colorado se caracteriza por tener poca vegetación, ya que se encuentra localizada en una zona semidesértica que también sirve como zona de cultivo (Figura 2.4), en la parte superior del cerro Colorado es boscoso pero la zona árida comienza a partir del camino de terracería hacia las partes bajas, se encuentran grandes extensiones de arbustos bajos, maguey (*Agavaceae*), orégano (*Origanum vulgare*), cardones (*Pachycereus pringlei*), biznagas (*Ammi visnaga*), huizaches (*Acacia farnesiana*); en las partes altas de Cerro Colorado es más boscoso con encinos (*Quercus ilex*), oyamel (*Abies religiosa*) y pinos (*Pinaceae*) (Fotografía 2.1).

2.3 Aspectos socio-demográficos.

La palabra Zimapán proviene de las raíces náhuatl o mexicano: “cimatl”, y de locativo “pan”, que en conjunto significa “sobre el cimate o entre el cimate”(cimate es una raíz que se usaba para provocar la fermentación del pulque).

El municipio cuenta con una población de 34,476 habitantes, de los cuales 15,771 son hombres y 18,705 son mujeres. Hay que considerar que Zimapán es uno de los municipios que cuenta con un alto nivel de marginación. Tiene una extensión territorial de 860.90 km² (www.zimapan.gob.mx/resources/LocalContent/17406/1/PLAN%20MUNICIPAL%202006-2009.pdf).

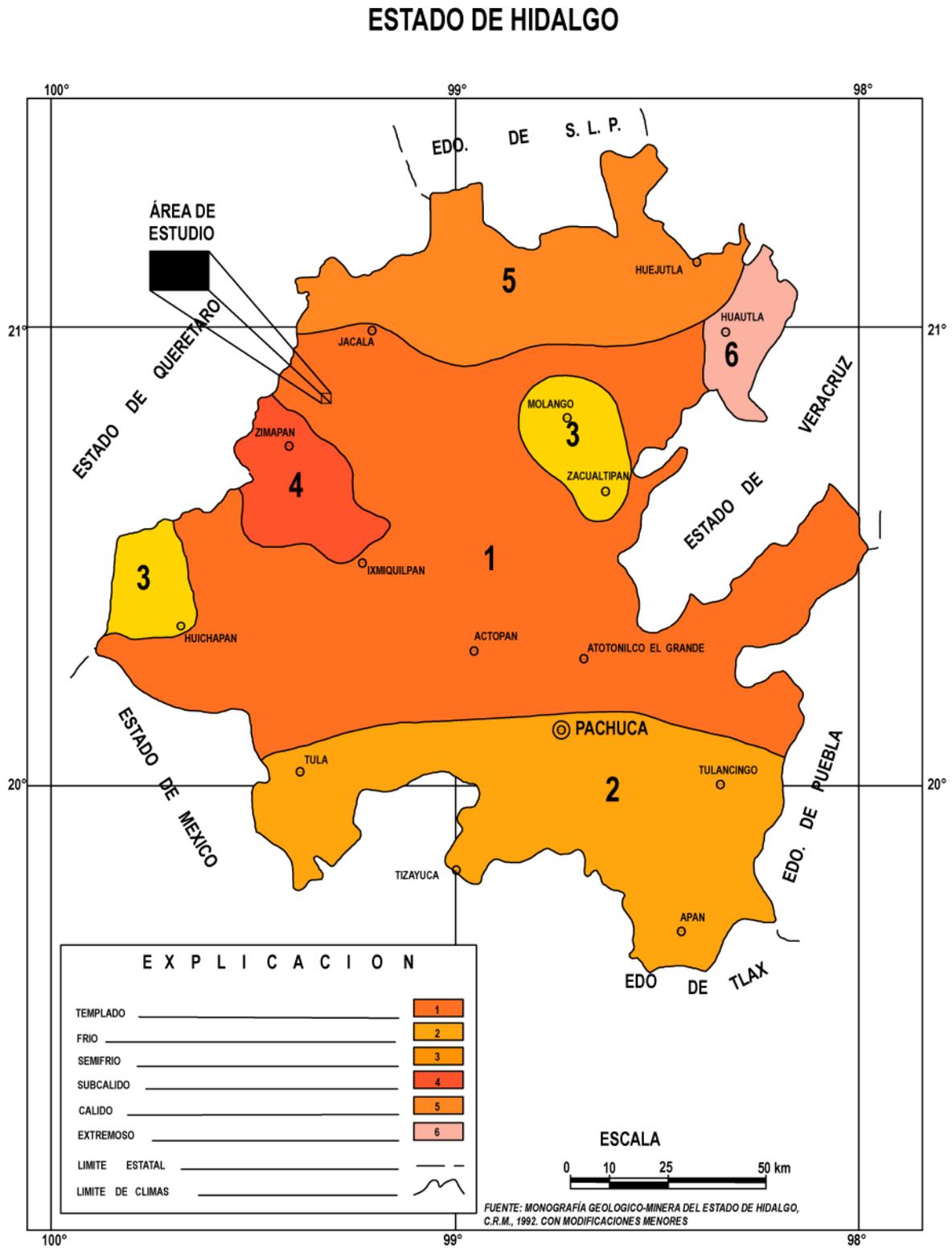


Figura 2.3 Mapa de climas del estado de Hidalgo

ESTADO DE HIDALGO

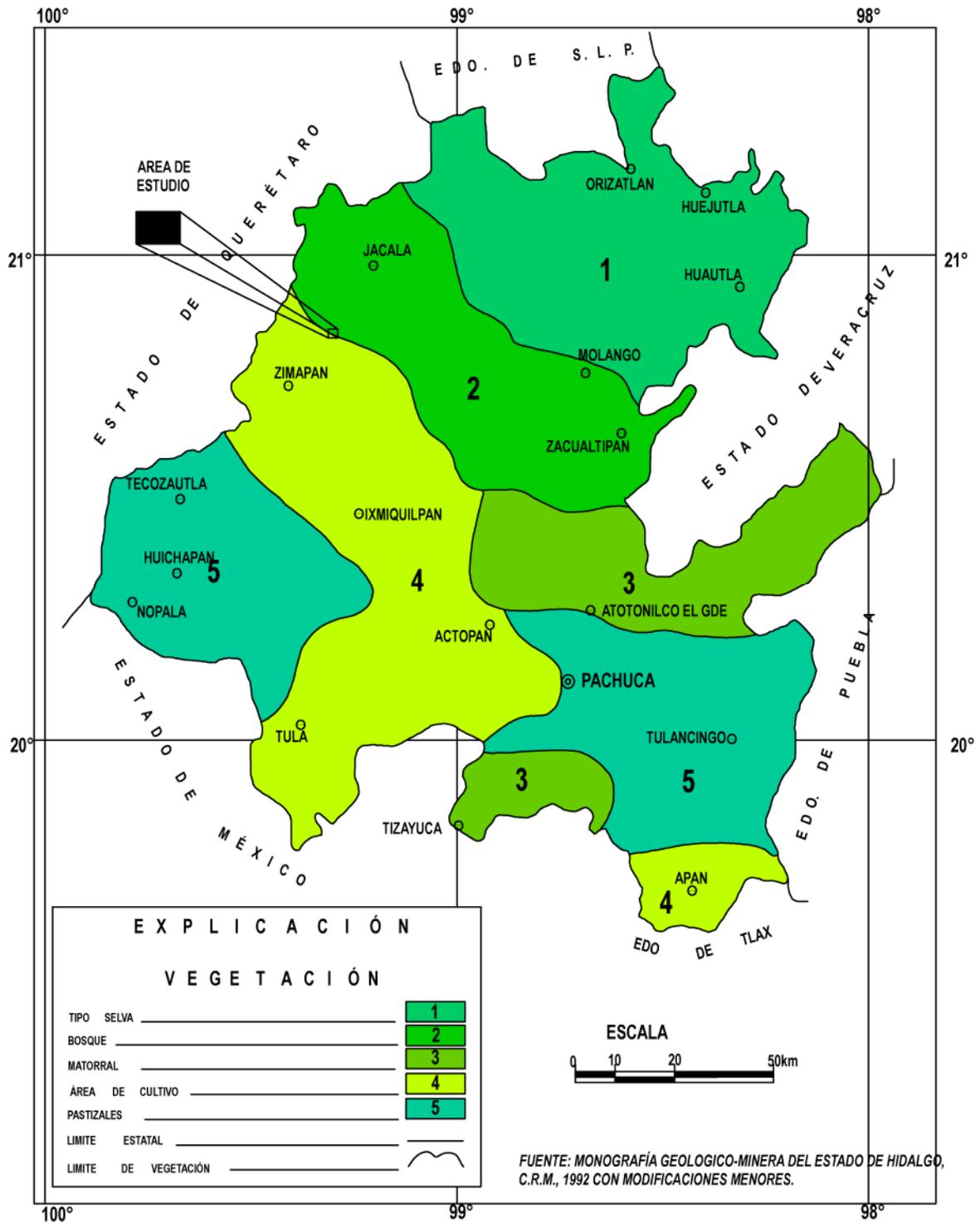
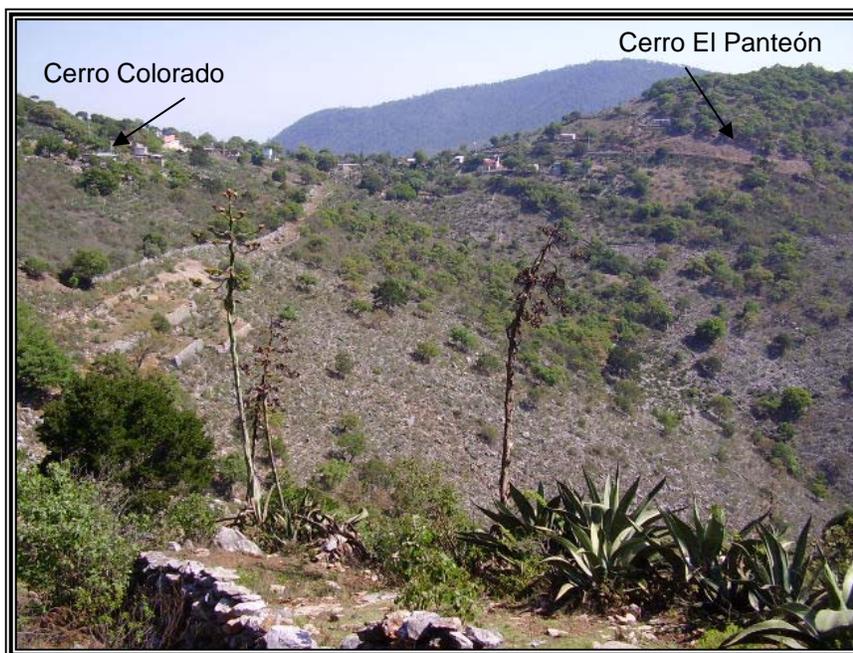


Figura 2.4 Mapa de vegetación del estado de Hidalgo



Fotografía 2.1 Vista panorámica hacia el NE del poblado Jagüey Colorado

La ganadería, al igual que la agricultura, es escasa, debido al terreno árido. Los habitantes solamente mantienen a un número necesario de animales para sus actividades de trabajo, entre los cuales figura el ganado bovino de leche y carne, porcino, asnal, equino y principalmente el caprino.

La minería es tradicional en Zimapán, por lo que ha originado un giro en la vida de muchos de sus habitantes, ya que la explotación de sus minas por generaciones ha sido el punto vital de su existencia (www.zimapán.gob.mx/wb2/municipios/13084_actividadEconomica).

2.4 Provincias fisiográficas

La región de estudio está comprendida en lo que Raisz (1962) clasifica como provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (SMO), que limita al sur con las provincias de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), y al oeste con la provincia Mesa Central (Figura 2.5).

La SMO es una unidad fisiográfica, con más de 800 km de longitud y de 80 a 100 km de amplitud, es el producto del levantamiento y deformación de rocas principalmente mesozoicas (Eguiluz de A. *et al.*, 2000). La Sierra Madre Oriental (SMO) está caracterizada por sierras orientadas NW-SE conformadas por rocas de edad Mesozoica. Las rocas están intrusionadas por rocas ígneas del Terciario.

La provincia de la Faja Volcánica Transmexicana constituye una faja volcánica que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20°. Se caracteriza en términos generales por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos asociados en su mayor parte a fracturas regionales (CRM, 1992).

La Mesa Central se encuentra a unos 2000 m.s.n.m., entre las dos grandes sierras de México, la Oriental y la Occidental (Raisz, *op cit.*) a las que tectónicamente pertenece, la mitad norte a la primera y la mitad sur a la última. De San Luis Potosí al norte está constituida por sierras con rocas de edad Mesozoica que se elevan en los extensos valles aluviales, en tanto que la parte sur es moderadamente montañosa y predominan en ella las rocas de afinidad principalmente volcánica. (Álvarez M. Jr, 1961)

El distrito minero Zimapán se encuentra en el Altiplano Mexicano, ahí la Sierra Madre Oriental se encuentra representada por la Sierra El Monte que se localiza al norte del poblado de Zimapán. Los principales rasgos fisiográficos son: la sierra antes mencionada, el abanico aluvial de Zimapán y el río Tolimán afluente del Moctezuma y límite geográfico entre los estados de Querétaro e Hidalgo.

La sierra El Monte está orientada al E-O y forma el flanco norte del valle de Zimapán y su altitud máxima es de 2,270 m sobre el nivel del mar y está representada por el cerro de San Nicolás que continúa hacia el oriente con lomeríos volcánicos hasta el puerto de la Estancia.

Hacia el poniente la sierra está cortada por la barranca del río Tolimán, y está bordeada de fuertes acantilados de más de 40° de pendiente y en ocasiones son verticales.

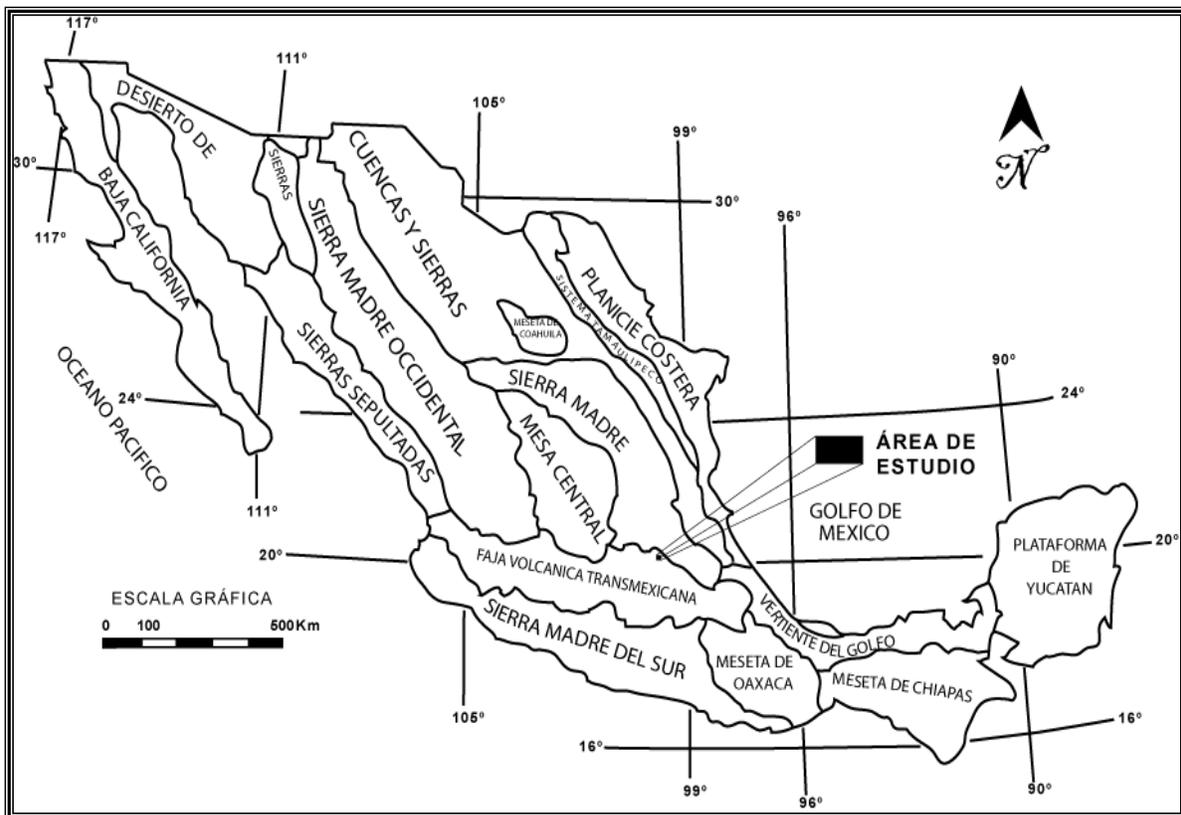


Figura 2.5 Provincias fisiográficas de México (Raisz, 1962)

3. SÍNTESIS GEOLÓGICA

En el distrito minero Zimapán afloran rocas de origen marino del Mesozoico y depósitos continentales y volcánicos del Cenozoico. Las rocas más antiguas se presentan compuestas por lutitas, calizas arcillosas y calcarenitas de edad Jurásica, calizas arcillosas del Cretácico Inferior; calizas y lutitas del Cretácico Superior; sobre las cuales yacen fanglomerados, rocas volcánicas, basaltos y andesitas del Terciario; así como fanglomerados del Pleistoceno y depósitos aluviales del Holoceno (Figura 3.1).

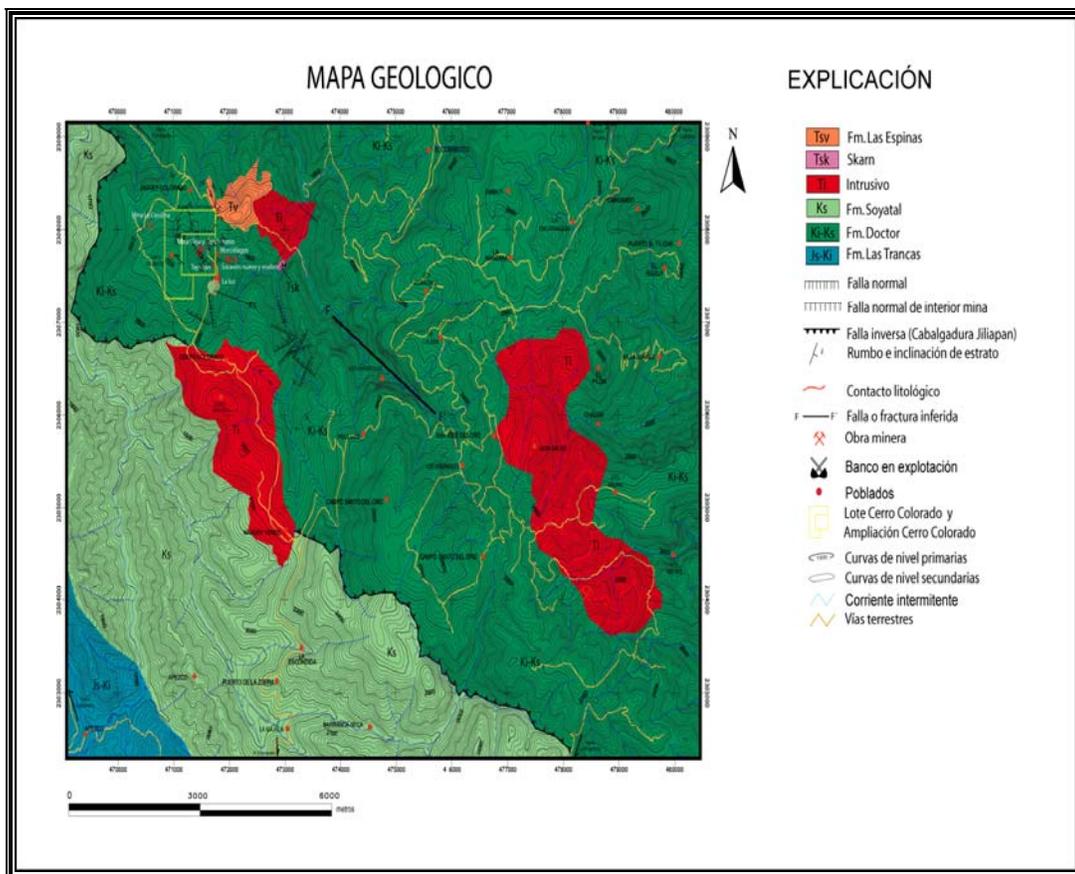


Figura 3.1 Mapa geológico regional

3.1 Estratigrafía

La secuencia litoestratigráfica del distrito minero de Zimapán está conformada, de la base a la cima, por una secuencia sedimentaria perteneciente a la Formación Las Trancas del Jurásico Superior (Segerstrom, 1961), sobreyacida discordantemente por una secuencia sedimentaria, compuesta principalmente por dos potentes unidades, una inferior calcáreo-pelítica pertenecientes a la Formación Tamaulipas, conocida localmente como Formación El Doctor (Wilson, *et al*, 1955), del Cretácico Inferior y otra superior pelítico-calcárea perteneciente a la Formación Soyatal (Segerstrom, *op cit.*); del Cretácico Superior, las secuencias sedimentarias mesozoicas anteriores son afectadas por intrusiones de rocas ácido-intermedias (intrusivo Tolimán, término local en Zimapán) en forma de stocks, diques y sills (Yta-Moreno Tovar, 1997); que dan lugar a la formación de bancos de mármol (que son explotados actualmente en la zona de Encarnación y Barranca de los Mármoles), además se desarrollaron zonas características de skarn con importantes zonas económicas de wollastonita, granate, tremolita-actinolita en los poblados de la Encarnación-Villa Juárez.

Sobre la secuencia anterior yace discordantemente un conglomerado epicontinental (Fanglomerado El Morro (Simons y Mapes, 1956)), cubierto por una secuencia de derrames volcánicos andesíticos en la base (Formación Espinas) y riolítica en la cima (Yta-Moreno Tovar, 1997), y a su vez está cubriendo a la columna, un derrame basáltico Plioceno-Holoceno que pertenece a la Formación Atotonilco.

La estratigrafía que se describe con más detalle a continuación, fue tomada de la descripción realizada por Carrillo-Suter (1991) en su artículo de la excursión geológica en la región de Zimapán, Hidalgo, (Figura 3.2).

Formación Las Trancas (Kimeridgiano-Barremiano)

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las de la Formación Las Trancas (Carrillo-Martínez y Suter M., 1991). Constituida por lutitas calcáreas filíticas, limonitas, calizas micríticas piritíferas, con pedernal en partes, así como algunas grauvacas y areniscas que afloran en los alrededores del poblado de Las Trancas, Hidalgo (km 217 de la carretera México-Laredo), son las rocas más antiguas en la región y fueron definidas como Formación Las Trancas por Segerstrom (1961).

Formación El Doctor (Aptiano-Cenomaniano)

Wilson y colaboradores (1955) asignaron el nombre de complejo calcáreo El Doctor a las rocas carbonatadas de la parte superior del Cretácico Inferior (Carrillo-Martínez, 1998) se desarrollaron en el área dos plataformas carbonatadas; Banco de El Doctor (Wilson *et al.*, 1955; Enos, 1974) y Plataforma de Valles-San Luis Potosí (Carrillo-Bravo, 1971), separadas por una cuenca intracratónica (cuenca de Zimapán).

La litología de las plataformas consiste en calizas de unos 1,500-2,000 m de espesor. La facies del borde de plataforma contiene arrecifes de rudistas y calizas bioclásticas oolíticas de textura "*grainstone-bounstone*", con estratificación discontinua no paralela. Los depósitos del interior de las plataformas están generalmente bien estratificados, contienen en parte evaporitas y crecieron ligeramente hacia fuera (*basinward onlapping*) sobre la facies del borde de plataforma.

La facies de talud se compone de brechas sinsedimentarias y calizas bioclásticas, de textura "*packstone-grainstone*" (Wilson, *op cit.*, 1955).

La facies de cuenca tiene espesores entre 300 y 1,200 m y está formada por calizas con estratificación paralela, de textura "*mudstone-wackestone*", con

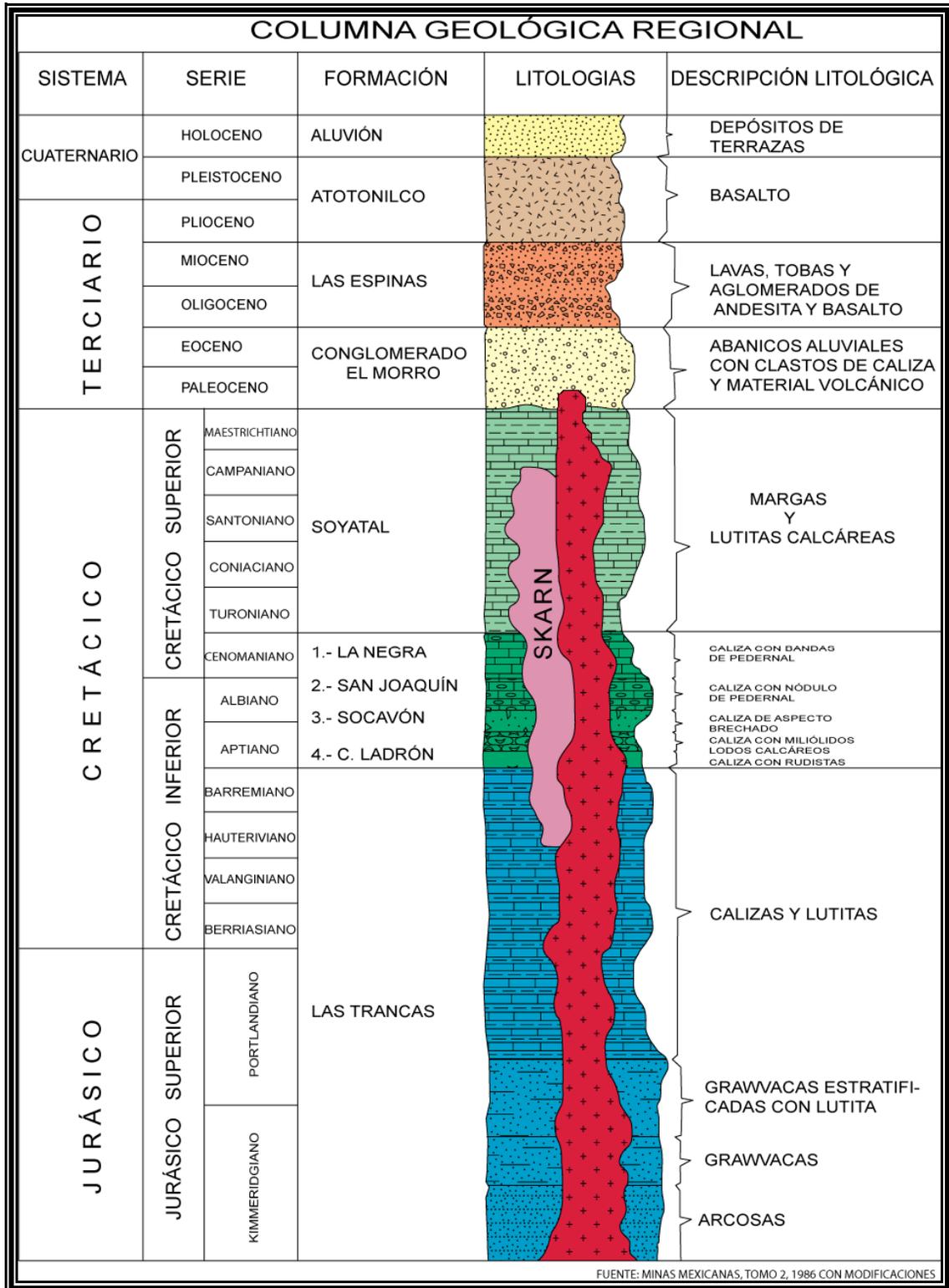


Figura 3.2 Columna estratigráfica de la región de Zimapán

capas y nódulos de pedernal y con estratos intercalados finos de lutitas y bentonita. Cerca del pie del talud se presenta una alternancia de esta litología con *packstone* litoclástica-oolítica-bioclástica graduada.

Es probable que el banco calcáreo de El Doctor forme parte de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, ya que su parte extrema meridional rumbo a esta última está cubierta bajo rocas volcánicas (Carrillo y Suter, *op cit.*, 1991).

Formación Soyatal (Turoniano-Campaniano)

La litología de esta formación corresponde a una secuencia marina repetida de tipo *flysch*. Consiste de lutitas amarillas que alternan con margas y calizas micríticas de color negro. La litología de esta formación varía lateralmente con frecuencia, siendo en algunos lugares más calcárea y en otras más pelítica, lo que dificulta su división en miembros.

Los estratos de esta formación se caracterizan por numerosos pliegues sinsedimentarios y estructuras nodulares (*boudinage* sinsedimentario), causados por ruptura y flujo de la roca no consolidada.

Los bloques de la caliza El Doctor dentro de la Formación Soyatal en el sinclinal de Maconí indican que la Formación El Doctor fue localmente erosionada durante el depósito de la Formación Soyatal, quedándose conservado parcialmente el paleorrelieve del Albiano-Cenomaniano entre el banco calcáreo de El Doctor y la cuenca de Zimapán (Carrillo y Suter, *op cit.*, 1991).

Con la transgresión, depósito de calizas pelágicas y de rocas clásticas terrígenas (*slate flood*) empezó una secuencia orogénica que culminó en el área con la creación del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental (deformaciones laramídicas) (Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 1992)

Formación El Morro (Paleoceno-Eoceno)

Es un conglomerado fluvio-lacustre que aflora en el sinclinal de Zimapán y tiene como componentes a calizas, margas y rocas volcánicas, alojadas en una matriz de arenisca (Simons y Mapes, 1956).

En los conglomerados se interdigitan rocas volcánicas ácidas e intermedias. Esta formación puede representar una molasa intermontañosa, como producto de la formación del cinturón de deformaciones laramídicas o del relieve del arco magmático propuesto por Damon, 1980.

Cuerpos intrusivos del Paleógeno

Principalmente la región de La Encarnación está afectada por cuerpos intrusivos (Restovic, 1973), cuya composición varía de granodiorita-diorita-monzonita-monzogabbro. Sus edades varían entre 50 y 40 Ma (M. Kiyokawa, comunicación personal en Carrillo-Martínez, Suter.M, 1981). Estos cuerpos son postectónicos, ya que intrusionan estructuras laramídicas. Damon, 1980, las considera parte de un arco magmático que emigró durante el Cretácico y Paleógeno hacia el oriente, perpendicular a la zona de convergencia de tipo Andino en la margen oriental de la Placa Farallón.

Formación Las Espinas (Oligoceno-Mioceno)

Con este nombre definieron Simons y Mapes (1956), a las rocas volcánicas, cuya composición varía de latita-andesita-basalto, las cuales sobreyacen concordantemente a la Formación El Morro y discordantemente a las formaciones más antiguas.

Formación Atotonilco (Plio-Cuaternario)

Se incluyen en esta formación, rocas basálticas de fisuras, típicas para la parte norte del estado de Hidalgo al oriente del río Amajac (Segerstrom, 1962; Cantagrel y Robin, 1979), donde forman mesas poco erosionadas.

3.2 Geología estructural

El área de estudio comprende diversos rasgos estructurales que de acuerdo al tipo de estructura que presentan se han clasificado en dos tipos: estructuras que corresponden a pliegues anticlinales y sinclinales y estructuras que afectan a los cuerpos de roca que corresponden a fallas normales y a sistemas de fracturamientos desarrollados en rocas del Jurásico-Cretácico (Figura 3.3).

Las formaciones aflorantes en el área, fueron depositadas antes del evento orogénico laramídico (Cretácico Superior-Terciario Inferior), las rocas carbonatadas que presentan mayor deformación dúctil corresponden a las rocas de la Formación El Doctor.

Las estructuras laramídicas tienen un rumbo regional N-NW, lo que implica una orientación ENE-WSW del campo de esfuerzos que causó estas estructuras (Carrillo y Suter, 1991).

Zona de Los Remedios y Cabalgadura de Higuierillas

Localizada al sureste del poblado de Higuierillas en la transición de la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental, la estructura laramídica se encuentra dentro o en la prolongación meridional del anticlinal de El Chilar de Segerstrom (1961), donde la Formación Las Trancas forma su núcleo y la Formación Tamaulipas sus flancos.

En Los Remedios (flanco suroccidental), la Formación Tamaulipas, subyace normalmente a la Formación Soyatal, con una inclinación de 15-30° hacia el SW; sobreyace discordantemente, con pliegues de poca amplitud o fallas locales, a conglomerados, areniscas o lutitas calcáreas de la cima de la Formación Las Trancas, sin que sea un contacto tectónico y de importancia regional (Carrillo y Suter, 1991).

Sinclinal de San Lorenzo

El sinclinal de San Lorenzo (Segerstrom, 1961) representa en realidad el bloque autóctono de la cabalgadura Higuierillas. Consiste de rocas de la Formación Soyatal, las cuales forman una depresión característica, por donde pasa la Carretera Federal 125, entre San Javier y Peña Blanca (Carrillo y Suter, 1991).

Con núcleo en las Formaciones Soyatal y Méndez (esta última definida para el norte de México) y flancos occidental en la Formación Tamabra, y oriental en la Formación El Doctor, el sinclinal de San Lorenzo es, al sur de Higuierillas, el autóctono relativo de la cabalgadura de Higuierillas (Carrillo-Martínez, 1998 (2000)).

Cabalgadura de El Doctor

Esta falla involucra superficialmente al miembro Cerro Ladrón (Wilson *et al.*, 1955) de la Formación El Doctor y a la Formación Soyatal. Su traza, de dirección SE, es conocida desde Daxhí, en el suroriente, hasta la cañada de El Ángel, en el norponiente.

Esta cabalgadura consiste en un cantil continuo, que se atenúa en el contacto de estas dos formaciones. Este cantil está cortado por la cañada de El Ángel y el río Moctezuma, donde la cabalgadura se presenta con una inclinación de 24° hacia el SW, a unos 3 km de su frente erosivo (Fotografía 3.1).

La cabalgadura está en parte, frontalmente rotada Carrillo-Suter, 1991 (cerro de El Ángel), lo que pudiera haber sido causado por fricción a lo largo de la cabalgadura, por cambio en el ángulo de su inclinación; *fault-bend folds* (Suppe y Namson, 1979), o por el cizallamiento de un pliegue preexistente. Esto último se descarta, sin embargo, por la ausencia de pliegues en el bloque autóctono a lo largo de la cabalgadura.

PLANO TECTÓNICO DE LA REGIÓN NW DEL ESTADO DE HIDALGO

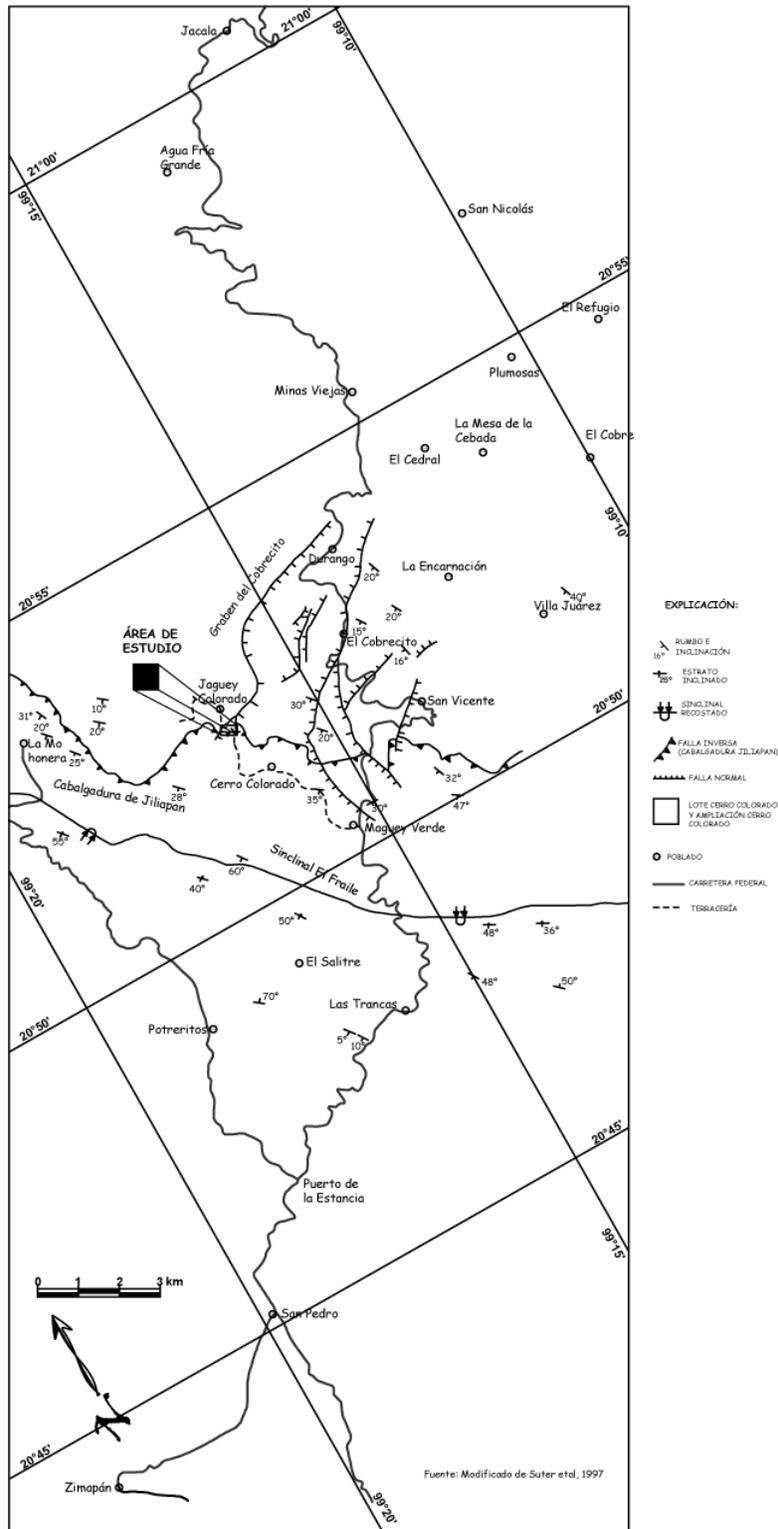


Figura 3.3 Plano de estructuras mayores del distrito minero de Zimapán, estado de Hidalgo (Tomado de Castro-Mora, 1998, con modificaciones menores).

Sinclinal de Maconí

Esta estructura, al igual que el sinclinal de San Lorenzo, está delimitada en el surponiente por una cabalgadura y pierde su significado por la ausencia de su flanco occidental (Carrillo y Suter, 1991).



Fotografía 3.1 vista panorámica de la cabalgadura El doctor tomada desde la porción noroccidental del Cerro Colorado

Anticlinorio de El Piñón

Esta estructura tiene un ancho de 11 km y se extiende en el cañón del río Moctezuma sobre el área comprendida entre la mina La Negra y el rancho de Las Moras, estando delimitada por los sinclinales de Maconí, en el surponiente, y de El Aguacate en el norponiente.

El anticlinal El Piñón es amplio y simétrico, con núcleo en la Formación Las Trancas, y tiene como flancos a las Formaciones Tamabra y Tamaulipas en el occidente y Tamaulipas en el oriente (Carrillo-Martínez, 1998/2000).

El flanco suroccidental está formado por una serie de pliegues de tipo *chevron* con ejes subhorizontales. Tanto el techo como el flanco nororiental del anticlinorio consisten de varios anticlinales y sinclinales internos de superficies axiales subverticales que están estrechamente espaciados, y los cuales se definen en el terreno particularmente bien por la Formación Tamaulipas (Carrillo y Suter, 1991).

Sinclinal de El Aguacate

Se designa con este nombre al sinclinal con núcleo en la Formación Soyatal y con sus flancos en la Formación Tamaulipas delimitado en el surponiente por el anticlinorio de El Piñón (flanco ligeramente recostado) y, en el nororiente, por el anticlinal de Bonanza, este sinclinal tiende a abatirse axialmente del sureste al noroeste y a subir al noroeste de la ranchería de El Aguacate (Carrillo-Martínez, *op.cit*).

Anticlinal Bonanza

Definido por Segerstrom (1961), forma un pliegue-falla recostado al nororiente y cabalga sobre el sinclinal de El Fraile. Tiene por núcleo a la Formación Las Trancas, por flanco occidental a la Formación Tamaulipas y que está limitado al noreste por la cabalgadura El Volantín (Suter, 1982 a,b). El plano de falla El Volantín buza 23° hacia el suroeste, y el flanco nororiental del anticlinal se atenúa en la Formación Tamaulipas. Al igual que en las estructuras regionales de la cuenca de Zimapán, en el flanco occidental del pliegue napa Bonanza, existen fallas inversas de bajo ángulo (Carrillo-Martínez, *op.cit*)

Sinclinal de El Fraile

Se define con este nombre a la estructura al nororiente del pliegue-falla Bonanza (anticlinal de Bonanza) y al poniente de la cabalgadura de Jiliapan. Este sinclinal pasa en el norponiente (El Fraile, Ocotitlán) sobre el límite entre la cuenca de Zimapán y la plataforma de Valles-San Luis Potosí, mientras que más al sur está enteramente en la cuenca de Zimapán. El eje del sinclinal buza

6.5° al NW entre el río Moctezuma y Milpas Viejas, lo que hace desaparecer a la Formación Soyatal hacia el suroriente entre Milpas Viejas y la carretera a Nicolás Flores, dificultando su ubicación en esta área (Carrillo y Suter, 1991).

Graben de El Cobrecito

Relacionado a una tectónica postlaramídica distensiva, esta estructura es asimétrica y está compuesta por un sistema de fallas normales rumbo N-S. El graben se encuentra parcialmente relleno por derrames de rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Las Espinas (Suter, 1982 b).

Cabalgadura de Jiliapan

La cabalgadura de Jiliapan (que es parte de la cabalgadura El Doctor) está ligeramente orientada en forma oblicua al borde de la plataforma de Valles-San Luis Potosí. Tiene su mayor desarrollo donde coincide con el borde de la plataforma, mientras que más al norte, ya en la plataforma, su acortamiento disminuye. La traza de la cabalgadura se extiende desde la región entre los ríos Extorax y Moctezuma en el norponiente, hasta al sur de la carretera federal 85, sobre una distancia de más de 30 km (Carrillo y Suter, 1991).

Las estructuras citadas anteriormente se esquematizan en la sección transversal que a continuación se muestra (Figura 3.4.)

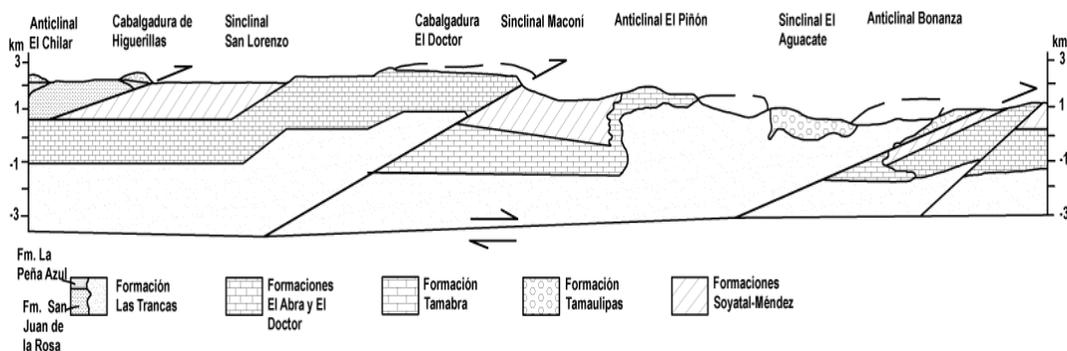


Figura 3.4 Sección transversal de la porción septentrional de la hoja Zimapán (Suter, 1987) tomado del resumen de geología de la hoja Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro.

Estructuras en las rocas cretácicas

Las estructuras de las rocas cretácicas están caracterizadas por pliegues que varían de pliegues abiertos de pequeña y gran magnitud a pliegues recumbentes isoclinales de pequeña y gran magnitud. En general, los pliegues son asimétricos o recostados, con buzamiento de sus planos axiales generalmente hacia el SW. Los pliegues de tipo *chevron* y en zig-zag son mucho más comunes que los pliegues con crestas y cimas en forma de U.

Sistemas de falla inversa parecen haber sido de menor importancia; la única falla de este tipo reconocida en el distrito está en cerro de Daxí, donde la caliza del Cretácico Inferior reposa sobre estratos del Cretácico Superior.

Estructuras de las rocas post-cretácicas

Consisten en pliegues ligeros, levantamientos y sistemas de falla. Estas rocas no presentan plegamientos de consideración y han sufrido solamente ligeros levantamientos en diferentes localidades. La característica más prominente de la estructura post-cretácica son sistemas de falla, de los cuales la falla de El Malacate es la más importante siguiéndola en importancia las de San Pedro, Estancia y Muí. La probable longitud total de la falla del Malacate es de cerca de 15.5 kilómetros y el desplazamiento a lo largo de esta falla no es conocida con certeza; el salto de falla mínimo es de unos 540 metros.

Esta falla es más reciente que el fanglomerado El Morro y más antigua que el fanglomerado de Zimapán, motivos por los cuales la falla puede ser del Plioceno o de principios del Pleistoceno. (Simons y Mapes, 1956)

De las principales estructuras tectónicas mencionadas que existen y se localizan en las cercanías al cerro Colorado son: El graben de El Cobrecito, anticlinal de Bonanza, sinclinal El Fraile y cabalgadura de Jiliapan. Todas localizadas dentro de la plataforma de Valles-San Luis Potosí (Carrillo y Suter, 1991).

3.3 Tectónica

En la parte occidental del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la SMO, se han distinguido los siguientes eventos tectónicos: (Carrillo M, *et al.*, 1991).

1.- Período de fallamiento normal ocurrido durante el depósito de la Formación Las Trancas durante el Jurásico tardío-Cretácico temprano.

2.- Los pliegues y cabalgaduras laramídicas (Paleoceno-Eoceno temprano) están principalmente controlados por la litología y el espesor de las rocas del Albiano-Cenomaniano, desarrolladas a lo largo del banco calcáreo de El Doctor.

Las deformaciones laramídicas son de tipo de transición entre frágil y dúctil por elevadas isothermas regionales y un alto gradiente geotérmico, causado por grandes intrusiones que son post-tectónicas, pero emplazadas no mucho tiempo después de que la deformación laramídica ocurrió (Carrillo M, *et al.*, 1991).

3.- El desarrollo de la fosa tectónica de El Cobrecito, parece relacionarse con los intrusivos de composición granodiorítica-diorítica-monzonítica-monzogabroica así como también fue afectada por una etapa distensiva postlaramídica .

4.- Una segunda fase compresiva, menor, afectó a la región posteriormente al depósito de las rocas volcánicas de la Formación Las Espinas.

5.- Un evento más reciente tuvo lugar con el fallamiento normal de tipo cuencas y sierras, produciendo basaltos de fisura (Formación Atotonilco), morfológicamente construyó mesas dominantes.

A continuación se esquematiza lo dicho en los puntos anteriormente citados (Figura 3.5).

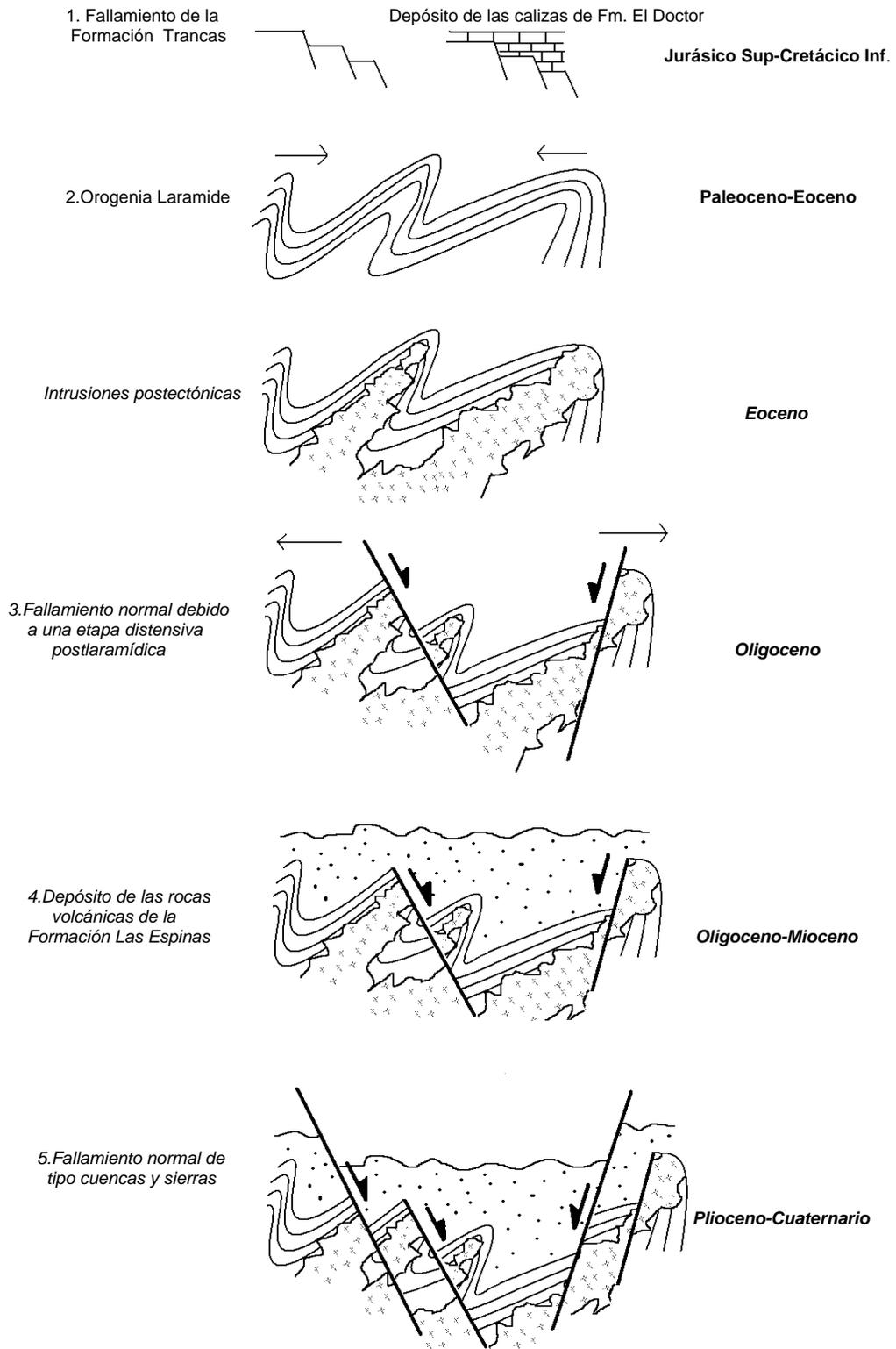


Figura 3.5 Esquema que muestra la secuencia tectónica del sector NW del distrito minero Zimapán, estado de Hidalgo.

4. GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CERRO COLORADO

En la porción noroeste de la población de Zimapán, hacia el río Moctezuma que define los límites con el estado de Querétaro, la mineralización de plomo-zinc se encuentra encajonada en rocas del Cretácico Inferior, presentándose en estructuras tabulares (vetas) con rumbo predominante NW-SE, en cuerpos de reemplazamiento metasomático en aureolas de contacto tipo Skarn. Entre las principales minas donde se explotaron estos cuerpos mineralizados se tienen: El Rey, El Cristo, La Peña y Adjuntas que se localizan en la porción central de la región en la que se ubica el distrito minero de Zimapán, histórico productor de minerales de plata, plomo, zinc y cobre.

La mineralización en este distrito se encuentra hospedada en rocas sedimentarias calcáreas del Cretácico Inferior. Los cuerpos minerales están constituidos por chimeneas de reemplazamiento y vetas, de forma y dimensiones irregulares, con distribución variable en sus contenidos metálicos de plomo, zinc y cobre.

Al sur de la región, la mineralización se presenta en estructuras tabulares cuya potencia varía de 0.5 a 1.30 m con desarrollos máximos de 800 m, dispuestos en forma paralela y aislada.

Las mineralizaciones de plomo-zinc no presentan una homogeneidad en su distribución, por lo que su explotación se realiza a baja escala. Estos cuerpos minerales han sido objeto de explotación en pequeñas obras mineras como por ejemplo la mina La Luz que posteriormente se describirá en este trabajo.

4.1 Marco Geológico

En la región que corresponde al área de estudio en el Cerro Colorado, están expuestas secuencias de caliza de edad Cretácico Inferior y caliza del Cretácico Superior, estas rocas tienen como características generales la presencia de bandas de pedernal (del lado sur del cerro se nota más la presencia de nódulos) y muestran colores grises con tonos rojizos (que indican la presencia de óxidos en la zona) producto de los efectos de la meteorización (Fotografía 4.1). Hay que mencionar que son las rocas calizas las que forman todo el Cerro Colorado.



Fotografía 4.1 Roca caliza con bandas de pedernal

Las calizas en la mayor parte del Cerro Colorado muestran estratificación mediana (estratos que no pasan del metro de espesor), es en este tipo de calizas en las que las bandas de pedernal se pueden observar con mayor claridad así como la mayor deformación de la zona estudiada, es decir, forman pliegues que en escasos metros cambian la orientación de los planos de los estratos (Figura 4.1).

A lo largo del cerro existen zonas donde la caliza muestra recristalización y presencia de óxidos; también existen zonas en las que estas rocas se encuentran intercaladas con lutitas de estructura laminar de color pardo.

Sobre estas calizas, se encuentra, de manera discordante, una secuencia de rocas volcánicas de edad Terciaria, esta secuencia está formada en el área de estudio por andesitas y tobas que presentan tonos grises y rosáceo respectivamente, producto de la alteración de la roca por la meteorización. Las andesitas presentan semi prismas (se distinguen dos caras) y no están expuestas en el Cerro Colorado, pero si en el poblado de Jagüey Colorado, localizado sobre el camino de terracería en dirección norte, en un cerro más pequeño en donde fue establecido el panteón del pueblo (Fotografía 4.2).

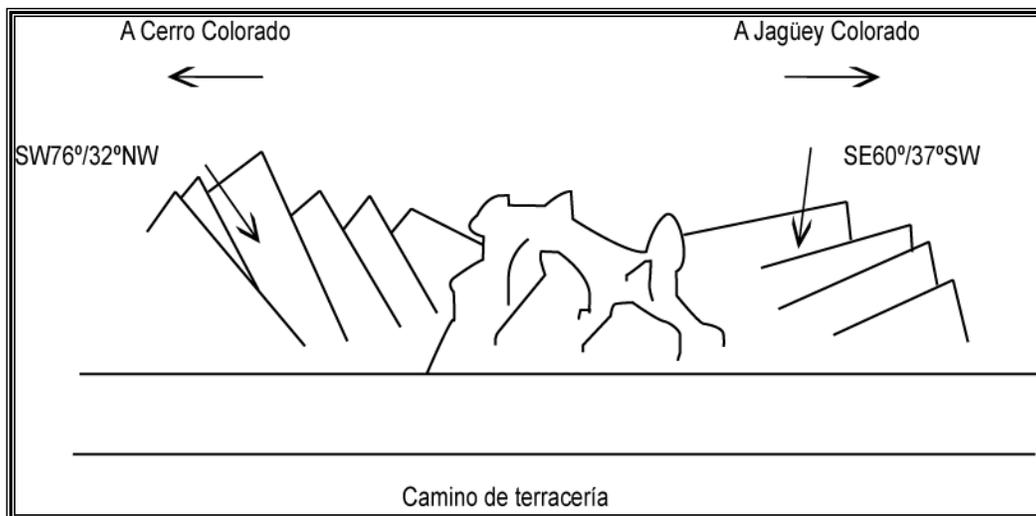


Figura 4.1 Esquema que muestra el cambio de orientación de los estratos en distancias que no pasan los 10 metros. Coordenadas: 471609 E 2307179 N

De edades terciarias se tienen afloramientos de rocas de carácter intrusivo (granito) que atraviesan la secuencia completa de calizas cretácicas tanto de edad Superior como de Inferior; esta roca intrusiva es la que provocó la alteración de las calizas para formar los depósitos minerales que se encuentran dentro del Cerro Colorado, hay que señalar que el intrusivo no aflora en lo que corresponde al área

del lote minero, lo más cerca que se puede encontrar un afloramiento de esta roca es en la parte sur del Cerro Colorado en sus límites con el cerro Boludo, en lo que corresponde a los linderos finales del poblado Cerro Colorado (Ver mapa geológico anexo, escala 1:10000).



Fotografía 4.2 Rocas volcánicas de cerro El Panteón.

El intrusivo, que provoca la mineralización del área, está formado por feldespatos potásicos y biotita (Fotografía 4.3).

Si se pretende observar buenos afloramientos de la roca intrusiva, se pueden encontrar en el poblado Cerro Colorado y el área que forma parte del cerro Boludo, donde aflora incluso en varios sitios, sobre el camino de terracería que conduce tanto al poblado Cerro Colorado como al poblado Jagüey Colorado. En todos los afloramientos de roca intrusiva de la región, los feldespatos potásicos se encuentran muy alterados.

4.1.1 Estratigrafía

La región mapeada tiene un registro estratigráfico que va desde el Jurásico Superior al Cuaternario, se encuentra representado por cuerpos de roca heterogéneos como sedimentarias de tipo marino y continental, ígneos extrusivos e intrusivos (Figura 4.2).



Fotografía 4.3 Intrusivo alterado sobre el camino de terracería que une los poblados de Cerro Colorado y Jagüey Colorado.

SISTEMA JURÁSICO

Formación Las Trancas.

Formación Las Trancas, la localidad tipo se localiza en el poblado del mismo nombre (Fotografía 4.4). Corresponde a la unidad basal de la secuencia estratigráfica aflorante a lo largo de la carretera México-Nuevo Laredo, aproximadamente a 13 km en línea recta al NE de Zimapán. Este afloramiento está formado por una secuencia pelítica constituida por calizas y lutitas calcáreas

con estructura *boudinage*, en estratos verticales gruesos y delgados esencialmente; muy fracturada, plegada con lentes de calcita de 20 cm.

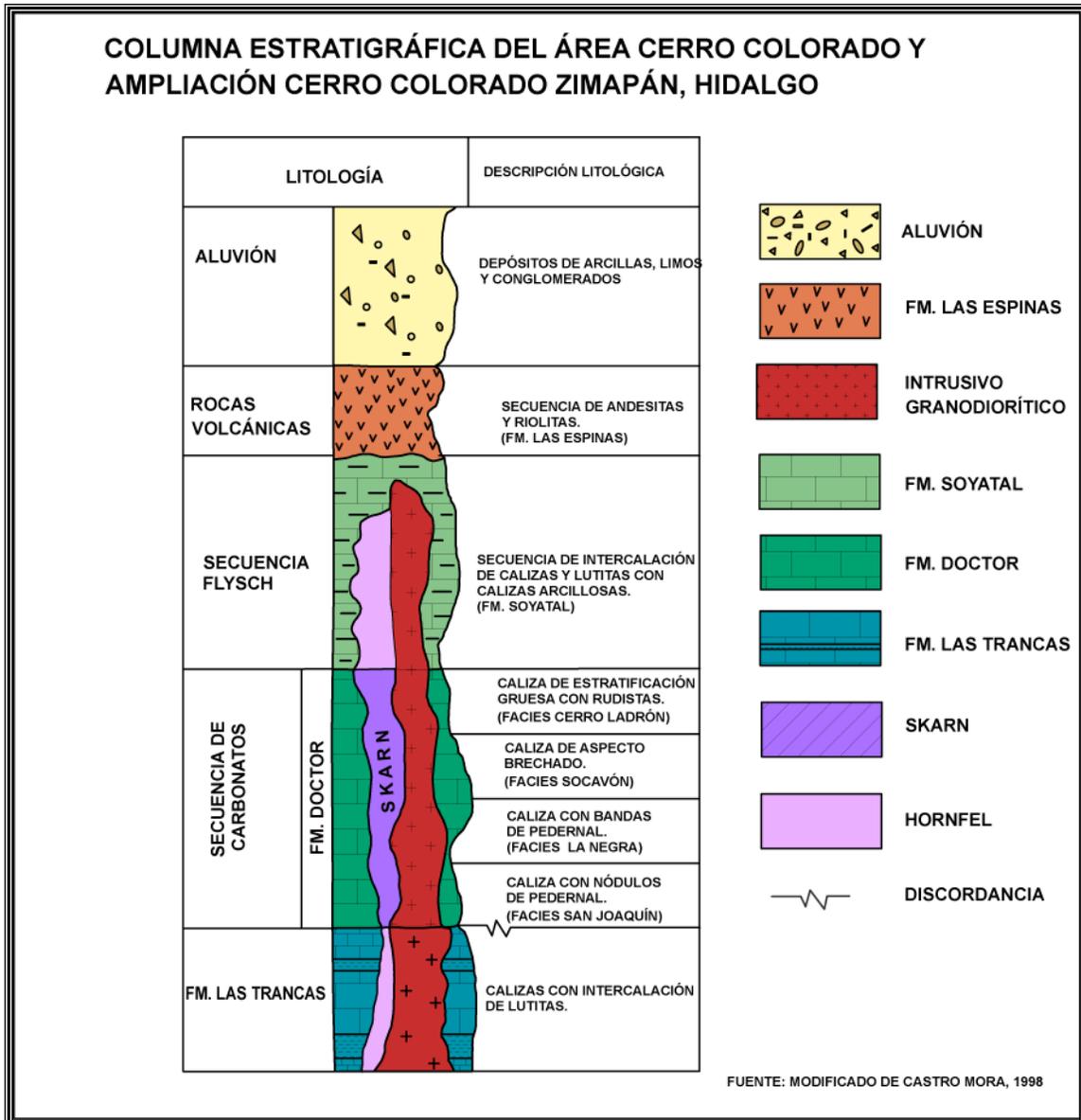


Figura 4.2 Columna estratigráfica del Cerro Colorado

Esta unidad queda fuera del área de estudio, la Formación Las Trancas se depositó, durante el lapso comprendido entre el Jurásico Superior (Kimmeridgiano) y posiblemente la base del Cretácico Inferior (Barremiano) (Carrillo-Martínez, 1998).



Fotografía 4.4 Afloramiento de la Fm. Las Trancas a lo largo de la Carretera Federal 85, nótese el desarrollo de "boudinage"

SISTEMA CRETÁCICO

Formación El Doctor.

Formación El Doctor, en la zona de estudio Cerro Colorado esta caliza es de textura mudstone de color gris en estratos delgados se observa con intercalaciones de bandas y nódulos de pedernal con intensa deformación además de gruesos bancos de caliza con estilolitas, marcas de disolución, recristalizada, fracturada y cementada con lodo calcáreo. En algunos lugares abundan los fósiles como bivalvos y rudistas en otras hay carencia de los mismos (Fotografía 4.5).

La caliza corresponde a las facies La Negra y Cerro Ladrón, de la Formación El Doctor.

El cerro Panteón, localizado al oriente de Cerro Colorado, está formado por un banco grueso de calizas que está cubierto por depósitos de rocas volcánicas terciarias.

La edad propuesta para esta unidad es Aptiano-Cenomaniano (Carrillo-Martínez y Suter, 1991), la caliza de esta formación es la que compone todo Cerro Colorado además de ser cubierta concordante por la Formación Soyatal.

A nivel económico sobre esta unidad se encuentran localizados los mantos y vetas que cortan a las calizas masivas y estratificadas lo que favorece la concentración de la mineralización.



Fotografía 4.5 Caliza con estructuras estilolíticas de la Fm. El Doctor

471705 E 2307833 N

Formación Soyatal.

Esta unidad pelítico-calcárea yace concordantemente sobre la Formación Doctor (Carillo-Martínez y Suter, 1991); son calizas de color gris oscuro (Fotografía 4.6), margas intercaladas con lutitas calcáreas y secuencias tipo *flysch* con ligera foliación y espesores de 2 mm, vetillas de calcita recristalizada, microfracturada que cubre a la Formación El Doctor.

La edad es Turoniano-Campaniano (Carrillo-Martínez, 1998). En esta unidad la mineralización está en mantos de 1 m de espesor, los estratos arcillosos actuaron como sello para que los fluidos buscaran las zonas de mayor debilidad para depositarse.



Fotografía 4.6 Calizas arcillosas de la Fm. Soyatal sobre el camino de terracería que conduce al poblado Cerro Colorado, 471793 E 2307697 N.

SISTEMA TERCIARIO.

Formación Las Espinas

Formación Las Espinas, en Cerro Colorado, su afloramiento se encuentra localizado en el cerro conocido como “El Panteón” no es extenso (Fotografía 4.7). Corresponde a una secuencia principalmente de derrame andesítico y tobas riolíticas de color rosa pardo, textura fanerítica en donde se observan cuarzo, líticos de color pardo y fracturado. La andesita es de color pardo, textura afanítica al fresco, gris verdoso con intenso fracturamiento y posibles formas prismáticas.

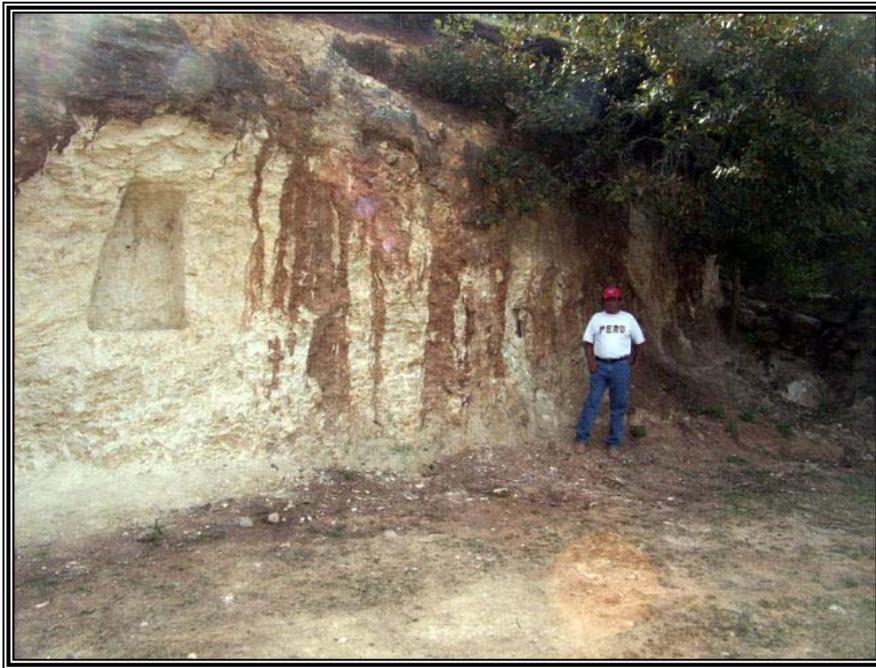
La edad de esta secuencia volcánica se tiene del Eoceno – Oligoceno (Yta y Moreno – Tovar, 1997), emplazándose en discordancia sobre las secuencias calcáreas.



Fotografía 4.7 Fracturamiento en andesitas de la Fm. Las Espinas vistas en Cerro Panteón.

Rocas intrusivas

No se tiene una gran variedad de afloramientos de rocas intrusivas en el área de estudio. Se observa una evidencia de actividad magmática intrusiva de composición granodiorítica (Fotografía 4.8). El intrusivo se infiere que está alojado en la parte central del anticlinal que forma a Cerro Colorado (Castro-Mora, 1998), es un cuerpo hipabisal granodiorítico que corta a las Formaciones El Doctor y Soyatal dando como resultado un metasomatismo de contacto con la Formación El Doctor.



Fotografía 4.8 Corte del intrusivo granodiorítico sobre el camino de terracería al poblado de Cerro Colorado

Como resultado de este evento, metalogénicamente es importante porque se desarrolla un depósito mineral tipo skarn debido al contacto con la Formación El Doctor.

En las cercanías del poblado Cerro Colorado aflora este cuerpo intrusivo, presenta una alteración avanzada, tanto el intrusivo como los feldespatos están alterados y deleznable como resultado de la acción hidrotermal, también se observan

minerales ferromagnesianos alterados y la presencia de micas es indicativo de alteración potásica presente. La edad tentativa de este intrusivo podría referirse al Oligoceno-Mioceno (postlaramídico).

SISTEMA CUATERNARIO

Unidad aluvial

La constitución de los sedimentos de aluvión corresponde a arcillas, limos y conglomerados más consolidados. Se encuentran distribuidos principalmente en el cauce de los ríos y laderas del Cerro Colorado.

Aunque no se tiene una gran diversidad de suelos en la zona cartografiada se asocia a unidades calcáreas y óxidos, pero su clasificación y estudio está fuera del objetivo del presente trabajo.

Los depósitos de piedemonte se acumulan en los cambios de pendiente constituidos por bloques de calizas.

4.1.2. Geología estructural

Las rocas calizas que conforman el Cerro Colorado, en su mayoría se encuentran plegadas, los estratos de estas rocas generalmente llevan una orientación NW-SE con variación en la dirección de sus inclinaciones (debido a los pliegues). Los planos de los estratos de la parte Sur y SW del cerro tienden a ir en una dirección NE-SW con inclinaciones al NW (ver anexo diagrama de roseta).

Hay que mencionar que la dirección de los pliegues en su mayoría, corresponde con la dirección que lleva la Cabalgadura Jiliapan (NW-SE), todo esto es debido a que los pliegues se estaban formando al mismo tiempo que eran afectados por la cabalgadura cuando todas estas estructuras se crearon durante la orogenia

Laramide (fines del Cretácico e inicios del Terciario) (Morán-Zenteno, 1984). Por ende, las fallas más pequeñas encontradas a lo largo del Cerro Colorado corresponden a fallas paralelas a la cabalgadura, es decir, su plano de falla se encuentra orientado en dirección NW-SE. Se encontraron también en la zona conocida como barranca de los Mármoles fallas cuyos planos se encuentran orientados en dirección NE-SW, se trata de una orientación contraria a la que lleva la cabalgadura Jiliapan, esto se puede explicar como un sistema de fallas paralelas que corresponden a un corrimiento mayor, una falla grande que desplazó a la cabalgadura Jiliapan unos 500 metros aproximadamente en dirección SW durante los esfuerzos de distensión que se dieron en esta zona a finales del Terciario (ver mapa anexo 1:10000).

4.1.3. Marco tectónico

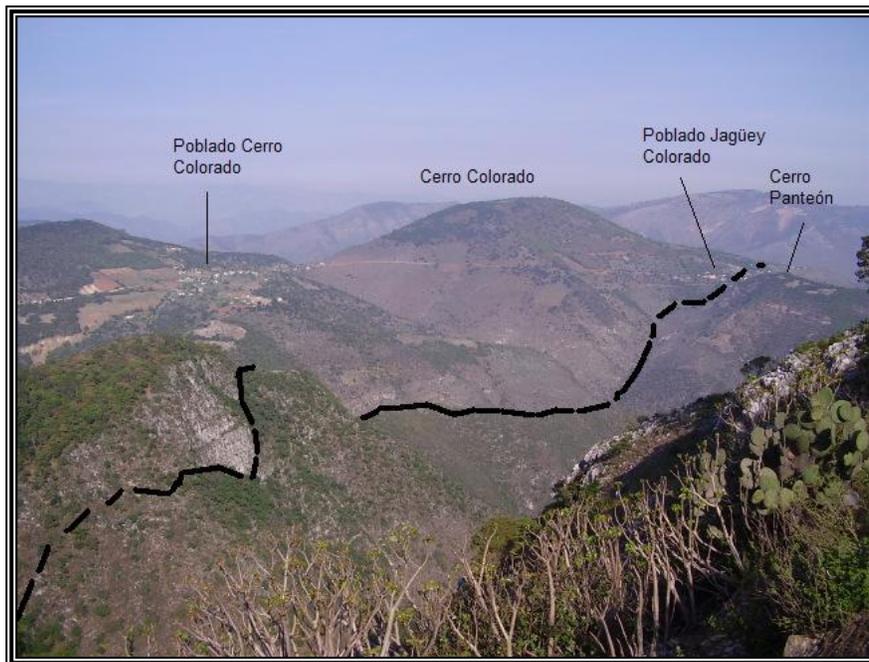
La estructura tectónica más importante que se encuentra en el área de Cerro Colorado es una falla inversa conocida como la cabalgadura de Jiliapan (Súter, et al, 1997) o la cabalgadura Jagüey (de acuerdo a la clasificación dada por el Servicio Geológico Mexicano).

Esta estructura tiene una extensión aproximada de 2200 metros y una orientación general en dirección NW-SE (Fotografía 4.9).

La cabalgadura Jiliapan o Jagüey se formó durante la Orogenia Laramide, a finales del Cretácico e inicios del Terciario (Figura 4.3).

4.2 Distribución y análisis de alteraciones

En el estado de Hidalgo, están presentes varios eventos de mineralización. Metalogénicamente entre los más conocidos se tienen los eventos de skarn *postlaramídico* y el hidrotermal Terciario. El *skarn*, dentro la región de Zimapán, presenta varios tipos de paragénesis que hacen deducir en varias etapas de mineralización dentro del mismo evento (e.g., Zimapán: *skarn* Pb-Zn-Ag; Flojonales, Jagüey Colorado y Encarnación: *skarn* de Fe con Au). El evento hidrotermal también presenta varias paragénesis con diferentes etapas de mineralización (e.g., distrito Pachuca-Real del Monte: Ag-Pb-Zn±Au).



Fotografía 4.9 Vista panorámica del Cerro Colorado dirección NW, tomada desde la carretera federal 85 México-Nuevo Laredo. (dirección NW-SE)

La mineralización de tipo *skarn* se localiza en el occidente del estado y aflora no sólo en el distrito de Zimapán, sino también más al noroeste de la mina La Negra, Querétaro y hasta el noreste de Encarnación (Yta y Moreno-Tovar, 1997).

Otro tipo de mineralización se debe a alteraciones propilíticas de tipo hidrotermal con emplazamiento de sulfuros en las diversas fallas y fracturas de la región, formando estructuras tipo veta, mantos y drusas que se encuentran en las minas de Cerro Colorado, la zona de este estudio.

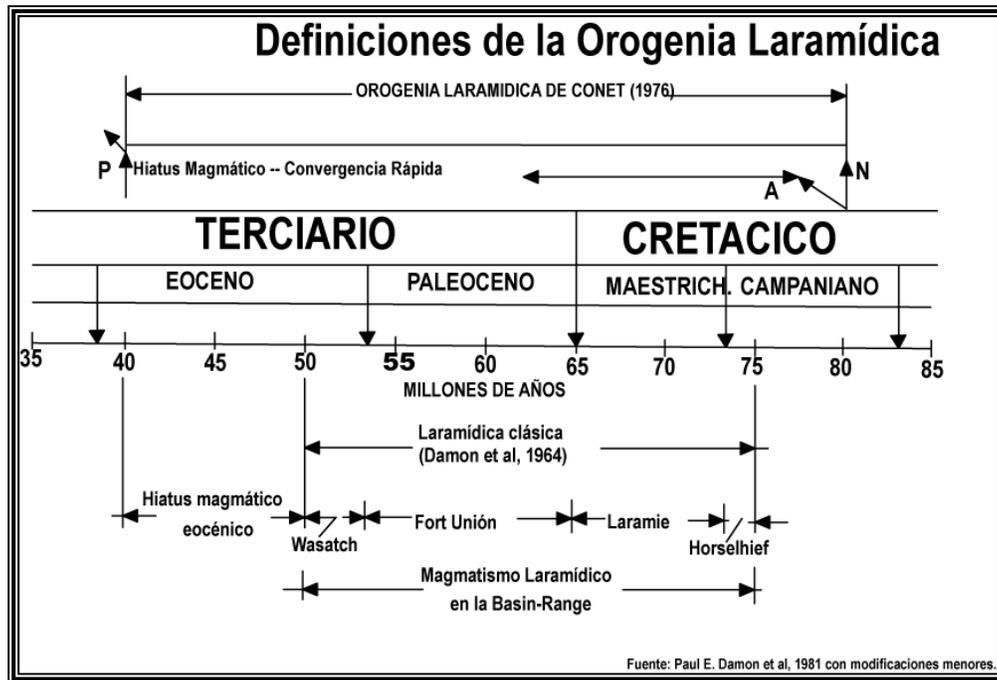
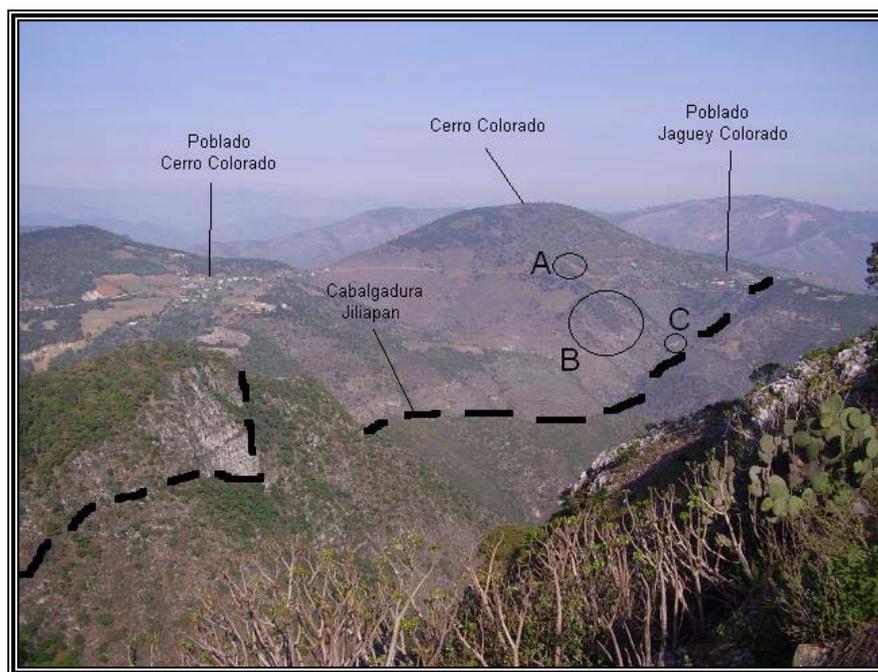


Figura 4.3 Definiciones de la Orogenia Laramide

4.3 Obras mineras

Las obras mineras que se encuentran dentro del lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado están localizadas en la ladera oriente de la geoforma del mismo nombre en los límites del frente de la cabalgadura (Fotografía 4.10), afectados por los sistemas de fallas originados por la Cabalgadura Jiliapan, los sistemas de fallas en los cuales se emplazaron los sulfuros deben tratarse de vetas o estructuras en las que los sulfuros deben seguir una dirección NW-SE modificándose ligeramente conforme cambie la orientación de la cabalgadura.

La mineralización encontrada en las minas visitadas corresponde a mantos de espesores que no sobrepasan los 100 cm y drusas de aproximadamente 50 cm de espesor. Otra forma de mineralización está alojada en fallas y en brechas de fallas observadas dentro las mismas minas que forman estructuras de tipo veta.



Fotografía 4.10 Ladera oriente del Cerro Colorado. Las circunferencias marcadas con las letras A, B y C hacen referencia a las zonas donde se encuentran las obras mineras correspondiendo a la letra A: Mina Vieja y mina San Antonio; a la letra B: mina Murciélagos, mina Tepozán, mina La Luz y mina Socavón Nuevo; y letra C: mina Enebro.

Las fallas localizadas al interior de las minas, la mayoría tienen una tendencia NW, que corresponde a la dirección general que presenta la cabalgadura Jiliapan, por tanto, es de predecir que las fallas encontradas en el interior de las minas son paralelas o corresponden a un conjunto de fallas originadas debido a la cabalgadura que sobreyace a las rocas del Cretácico Inferior sobre las rocas del Cretácico Superior

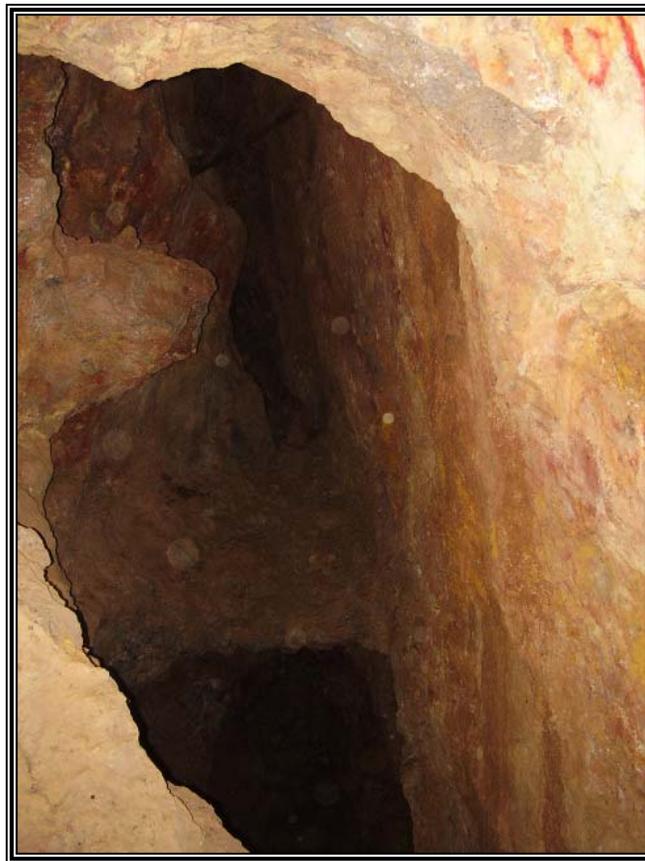
Las obras mineras que forman parte del estudio realizado son: Mina Vieja, San Antonio, La Luz, Los Murciélagos, Tepozán, Socavón Nuevo y Enebro. La mineralización encontrada en estructuras de tipo manto se observa principalmente en la mina San Antonio, estos mantos tienen una orientación general hacia el NW (ver mapa anexo 1:10000).

La mina San Antonio localizada a escasos metros de la Mina Vieja, exhibe mantos de mineralización que indican un ambiente de formación de tipo hidrotermal (ver mapa anexo 1:10000).

Mina Vieja y San Antonio se encuentran a una elevación sobre el nivel del mar de 2092 metros, con una diferencia de 50 m de altura aproximadamente con respecto al camino de terracería que une a las poblaciones de Cerro Colorado y Jagüey Colorado (2040 msnm), en estas minas la roca encajonante corresponde a calizas pertenecientes a la Formación El Doctor de edad Cretácico Inferior, hay que señalar que a la altura de la terracería se encuentran intercalaciones de calizas con lutitas, estas mismas intercalaciones se encuentran al interior de la mina denominada La Luz que se ubica aproximadamente 4 m por debajo del camino de terracería; esta formación de rocas calcáreas y lutitas pertenecen a la Formación Soyatal del Cretácico Superior. De lo anterior mencionado las minas Mina Vieja y San Antonio se encuentran en rocas más antiguas, pero topográficamente localizadas arriba de las minas encajonadas en rocas más jóvenes, por tanto, aunque no es visible se puede inferir que la cabalgadura Jiliapan pasa entre estos dos puntos mencionados.

El frente de la cabalgadura Jiliapan y por consiguiente también las minas que se encuentran casi a la altura del camino de terracería (La Luz, Murciélagos, Tepozán) marcan un límite sobre los tipos de emplazamientos que se tienen en el lote Cerro Colorado, por lo que, topográficamente arriba de estas minas se encuentra la mineralización en mantos, mientras que a partir de las minas localizadas en la cercanías del camino de terracería y minas que se encuentren topográficamente abajo (Socavón Nuevo, Enebro) presentan estructuras mineralizadas en forma de vetas dentro de fallas. (ver mapa anexo 1:10000)

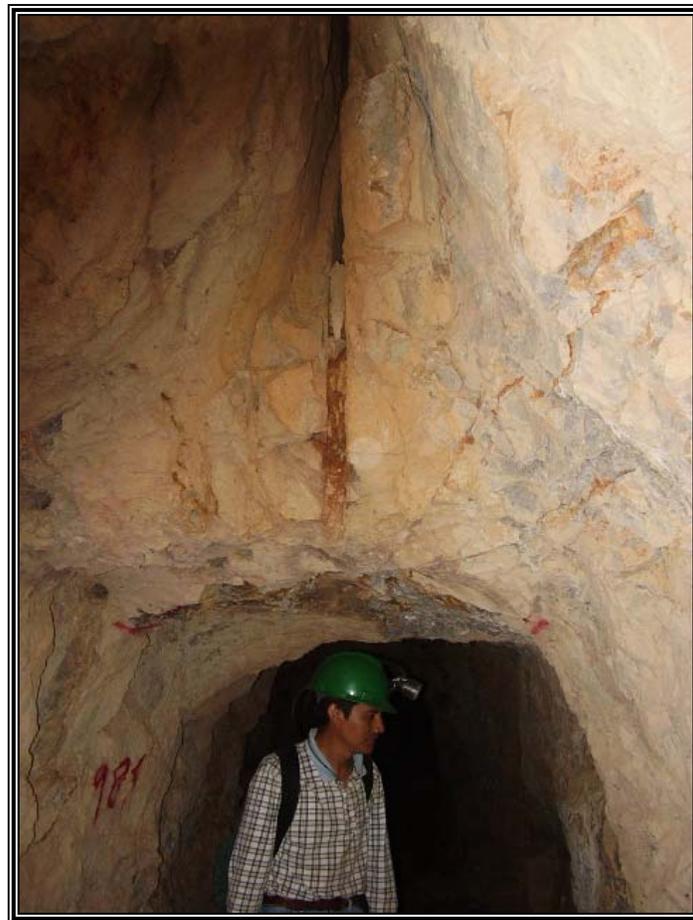
En lo que corresponde a la mina La Luz, la mineralización se encuentra en las rocas del Cretácico Superior, es decir, en la intercalación de rocas calizas y lutitas pertenecientes a la Formación Soyatal, en esta mina la mineralización es producto de un ambiente hidrotermal formando estructuras tipo manto (Fotografía 4.11).



Fotografía 4.11 Mantos de mina La Luz

Las minas Los Murciélagos y Tepozán se caracterizan por mostrar una falla de desplazamiento lateral con rumbo SW50 y el mineral se encuentra emplazado en vetas formadas dentro de la falla debido a los fluidos hidrotermales (Fotografía 4.12).

En las minas Socavón Nuevo y Enebro el tipo de emplazamiento de la mineralización se encuentra en estructuras de tipo veta-falla y encontrando en varias de ellas estructuras conocidas como stockworks.



Fotografía 4.12 Falla de desplazamiento lateral en mina Los Murciélagos

Las minas Socavón Nuevo y Enebro se localizan a una cota aproximada de 1880 msnm. (últimas minas localizadas dentro de Cerro Colorado) y bajando topográficamente unos 270 m (1610 msnm) se presentan en la barranca de Los Mármoles, yacimientos de Fe y bancos de mármol, lo que indica la zona en la cual la roca intrusiva afectó a una gran parte de las calizas de la Formación El Doctor, generando un depósito tipo skarn.

Por tanto, teniendo en consideración lo anterior, se sabe que a 1610 msnm. se encuentra el intrusivo en contacto con la caliza formando yacimientos de Fe y sulfuros debido al metasomatismo (Castro-Mora, 1998) y entre la cota ya mencionada y las minas Enebro y Socavón Nuevo (1880 msnm.) hay 270 m de desnivel dentro del cerro en los cuales se puede encontrar la asociación Fe-Au-Cu en lo que corresponde al endoskarn (Castro-Mora, *op cit.*) así como sulfuros en el exoskarn, tomando en cuenta que este skarn no aflora en ninguna parte de “Cerro Colorado” y “Ampliación Cerro Colorado”.

Finalmente desde la mina El Enebro hasta la terracería se encuentran sulfuros emplazados en vetas formadas dentro de las fallas que tienen una orientación general hacia el NW y topográficamente arriba de la terracería se tienen los sulfuros emplazados en mantos y drusas.

4. 4 Distribución de muestreo superficial

Para realizar un muestreo superficial, existen diversos criterios a seguir, entre los cuales hay que tomar en cuenta: recristalización y/o presencia de óxidos en la roca; si la muestra está localizada cerca de una roca marmolizada también es un criterio a considerar e incluso el contenido de granate que a veces se puede hallar en una muestra (aunque sean raras las ocasiones de obtener una) puede ser un criterio de selección de la roca que se va a recolectar para realizar los análisis correspondientes de laboratorio.

Próximo a la zona de estudio, aproximadamente a 5 km al oriente del Cerro Colorado, en el poblado de La Encarnación, se encuentra expuesto un skarn de granate y wollastonita (Fotografía 4.13).

Al tratarse de un área que se encontraba lejos de la zona de investigación, no se pudo aplicar este criterio de selección de la roca a recolectar para su análisis; sin embargo, dicha asociación mineralógica sirvió para determinar, de manera regional, la zonación típica en un ambiente tipo skarn.

Debido a que la zona de estudio se encontraba cerca de una cantera de mármol, para realizar el muestreo superficial se tomó en cuenta el criterio de presencia de recristalización encontrada en la caliza.

También debido a que el intrusivo ya descrito con anterioridad en este trabajo se encontraba cerca del lote Cerro Colorado, la presencia de recristalización en las muestras obtenidas hizo aún más evidente el criterio de selección.

Otro criterio de selección fue la presencia de óxidos, aunque éstos representan una reacción superficial debido a la acción de la meteorización, con frecuencia el oro se encuentra asociado a ellos, por tal situación, la empresa concesionaria ha considerado la posibilidad de instalar una planta de cianuración en la zona.

La toma de muestras se hizo en diversos caminamientos realizados en línea recta, de manera que se cubrió al Cerro Colorado en direcciones norte y sur.



Fotografía 4.13 Skarn de wollastonita, poblado de La Encarnación

4.4.1 Contenidos metálicos (Leyes)

Parte de las muestras colectadas se analizaron en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, cuyos análisis dieron los resultados mostrados en la tabla 4.1, hay que señalar que varios datos dentro de la tabla localizados en la columna que muestra los resultados de las leyes obtenidas se escribieron las siglas n.d. (no se detectó) debido a que las leyes tanto de oro como de plata fueron tan pequeñas que no fue posible su medición.

Muestra	Coordenadas UTM		Au(g/ton)	Ag(g/ton)	Cu %	Pb %	Zn %
	X	Y					
CC-82	471288	2307762	Traza	4.3	0.0013	3.77	0.07
CC-86	471622	2307905	Traza	16.9	n.d	n.d	n.d
CC-87	471618	2307942	Traza	17.7	n.d	n.d	0.094
CC-89	471528	2307960	Traza	17.6	n.d	1	0.063
CC-90	471515	2308035	2.3	55.4	0.0098	n.d	0.11
CC-91	471537	2308069	Traza	36.8	0.0019	n.d	0.09
CC-92	471540	2308057	Traza	Traza	0.0021	20.534	0.398

n.d. : no se detectó

Au>1.5 g/t; Ag>100 g/t; Cu,Pb,Zn >1% Ley económica ■

Au< 0.5-1.5 g/t; Ag< 100 g/t; Cu,Pb,Zn <1% Valores anómalos ■

Análisis químicos realizados en la Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería
en Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Química

Tabla 4.1 Leyes obtenidas de oro, plata, cobre, plomo y zinc

4.5 Muestreo de interior mina

El muestreo se llevó a cabo sobre las zonas donde se tienen evidencias de mineralización, correspondiendo a la recristalización de las calizas y donde se presentan las estructuras de mantos, vetas, drusas y brechas de falla.

Para la toma de las muestras se realizó en sentido perpendicular a la estructura mineralizada ya sea veta o manto, colocando un plástico en el piso para que las esquirlas cortadas no se contaminen con las que existen dentro la mina, la muestra recolectada es vaciada en bolsas de plástico y debidamente rotuladas con tinta indeleble para su identificación. Estas muestras fueron llevadas a los laboratorios del Servicio Geológico Mexicano en el estado de Oaxaca pero los resultados de éstas no han sido entregados a la fecha de cierre de esta investigación como lo constata el documento que se encuentra en la sección de anexos al final de este trabajo.

Las zonas donde se tomaron las muestras exhiben un contenido abundante de óxidos y sulfuros (ver mapas de las minas muestreadas).

Mina Vieja (471515 E, 2308035 N)

Obra localizada a 2092 msnm, frente a la boca mina se localiza la mojonera y punto de partida del lote minero, es una obra bastante desarrollada, dividida en dos niveles “El Quince” y “El Chicharrón”, con evidente recristalización de las calizas de la Formación El Doctor (Figura 4.4).

Esta obra presenta valores muy atractivos de metales preciosos; incluso los metales base presentan también leyes atractivas. La presencia de wolframio en muestras con elevados contenidos en Cu-Pb y Zn refuerzan la idea de una mineralización típica de skarn (Tabla 4.2).

Mina San Antonio (471537 E, 2308069 N)

Se encuentra localizada a 2089 msnm aproximadamente a la misma elevación que la Mina Vieja, la obra está desarrollada en calizas de la Formación El Doctor y calizas arcillosas de la Formación Soyatal.

La estructura mineralizada corresponde a mantos de dirección S45°W de espesor aproximado de un metro, deleznable y observándose fallas de dirección NW-SW y N franco (Figura 4.5).

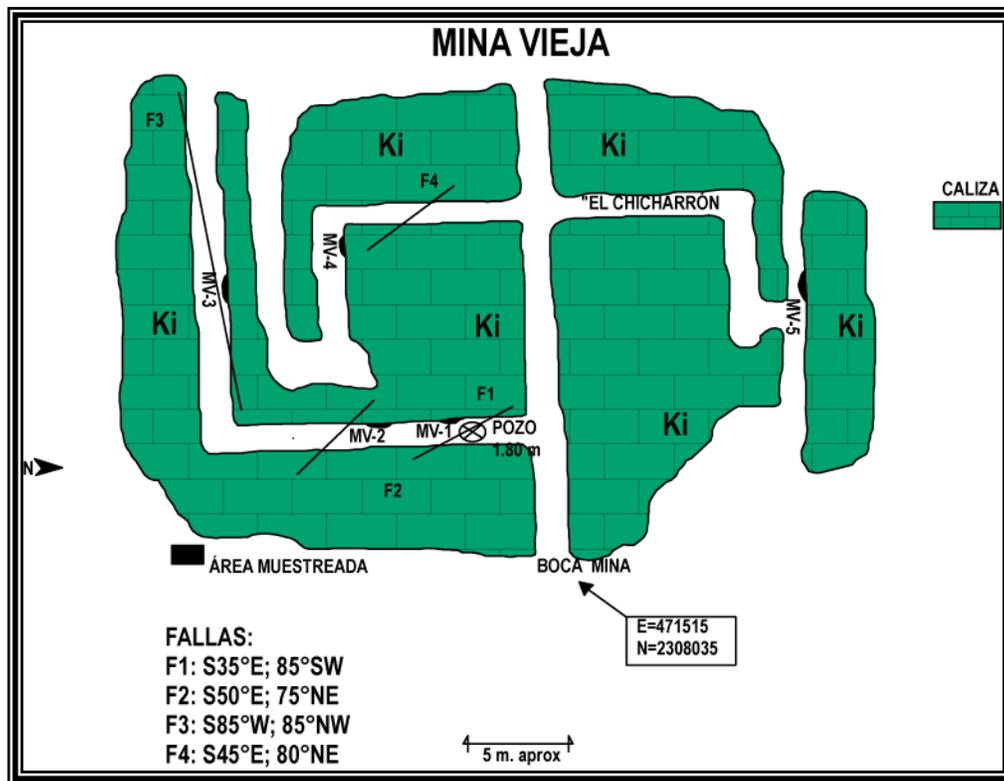
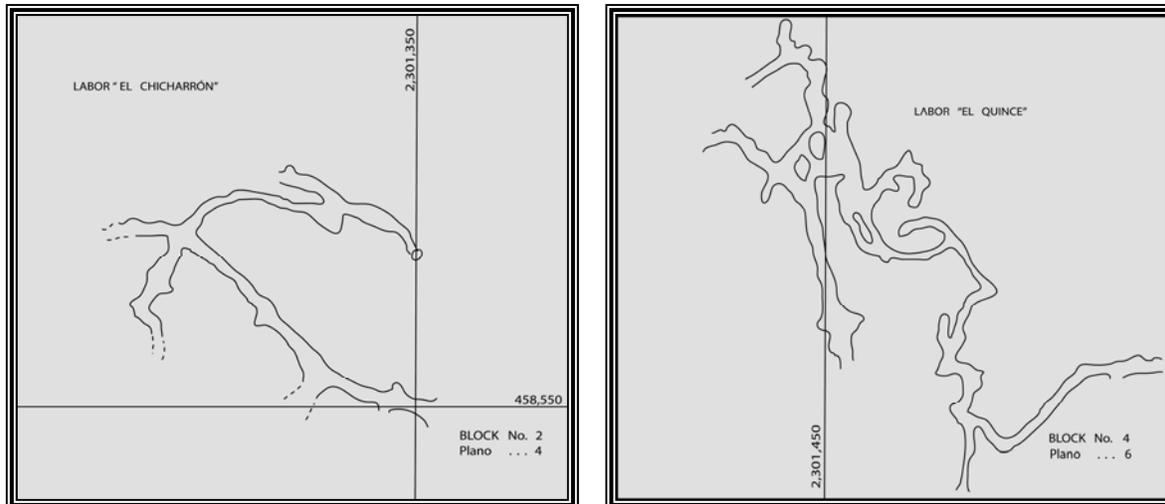


Figura 4.4 Croquis de la Mina Vieja en el cual se pueden observar las fallas que la cortan, marcadas con la letra F, así como las zonas de muestreo al interior de la mina, marcadas con la letra MV.

Levantamiento realizado con brújula y cinta.



“El Chicharrón”

“El Quince”

Figura 4.4.1. Niveles “El Chicharrón” y “El Quince” de la Mina Vieja

Fuente: Archivo técnico de la compañía SAGO Import, Export, S.A. de C.V.

No.Muestra	Au g/t	Ag g/t	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe %	w ppm	ROCA ENCAJONANTE	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MUESTREO
CC-1	0.35	10.7	6832	1192	724	nd	46	Caliza Recrist.*	Drusa	A.Q.O.
CC-2	0.55	8.35	2348	612	512	nd	42	Caliza Recrist.*	Drusa	A.Q.O.
CC-3	ND	17.55	5032	548	1144	nd	63	Caliza Recrist.*	Drusa	A.Q.O.
CC-4	0.4	27.9	1472	1096	468	nd	57	Brecha Silicif.*	Irregular	A.Q.O.
CC-5	0.3	13.5	460	640	124	nd	32	Brecha Silicif.*	Irregular	A.Q.O.
CC-6	1.05	72.55	3948	972	560	nd	70	Brecha Silicif.*	Irregular	A.Q.O.
CC-7	2.95	347.1	1.9*	8600	1996	nd	56	Caliza Recrist.*	Irregular	A.Q.O.
CC-8	2.55	306.7	2.06*	2.78*	1980	nd	98	Caliza Recrist.*	Irregular	A.Q.O.
CC-9	1.5	127.3	2.1*	1200	2600	nd	142	Caliza Recrist.*	Irregular	A.Q.O.
CC-10	2.1	241.2	4.49*	8320	9200	nd	249	Caliza Recrist.*	Irregular	A.Q.O.
CC-11	1.2	60.25	6848	3620	396	nd	142	Cza Grainstone**	Falla	Al Bajo(AQO)
CC-12	2.9	150.5	2.3*	7520	716	nd	172	Caliza Brechada**	Irregular	A.Q.O.
CC-13	1.15	74.6	3972	3560	384	nd	29	Caliza Silicificada**	Irregular	A.Q.O.
CC-14	2.02	94.57	1.38*	2720	372	nd	44	Caliza Silicificada**	Falla	Al Alto (AQO)
CC-15	3.85	216.8	6880	3800	80	nd	142	Caliza Recrist.**	Irregular	A.Q.O.
CC-16	13.4	253	2.28*	6.04*	2720	nd	52	Caliza Brechada**	Irregular	A.Q.O.
CC-17	2.6	36.1	5172	5440	324	nd	218	Intrusivo Alterado**	Falla	A.Q.O.
CC-19	8.15	66.8	nd	nd	929	31.95	nd	Caliza Recrist.***	Irregular	A.Q.O.
CC-20	7.8	30.5	nd	nd	516	23.51	nd	Caliza Recrist.***	Irregular	A.Q.O.
CC-21	5.8	9.1	nd	nd	358	30.95	nd	Caliza Recrist.***	Irregular	A.Q.O.
CC-22	8.6	28.2	nd	nd	334	17.48	nd	Brecha Calcárea***	Irregular	A.Q.O.

nd: No se detectó

* valores en %

A.Q.O: Análisis Químico de Orientación

Au>1.5 g/t; Ag>100 g/t; Cu,Pb,Zn >1%; Cu, Pb,Zn>10,000 ppm Ley económica ■

Au< 0.5-1.5 g/t; Ag< 100 g/t; Cu,Pb,Zn <1%; Cu,Pb,Zn<10,000 ppm Valores anómalos ■

Fe,w : no se considera porque Zimapán es un distrito que no se caracteriza por estos metales

* Nivel El “15”

** Subnivel “Las Arenillas”

*** Zona “El Chicharrón”

Tabla 4.2. Leyes detectadas en la Mina Vieja, fundo minero Cerro Colorado, tomados de

Castro-Mora, 1998

Como se puede apreciar en la Tabla 4.3 esta obra también presenta valores atractivos en oro y plata hay que señalar que el wolframio sigue apareciendo en contenidos elevados lo que indica la presencia de depósito tipo skarn (Tabla 4.3).

Mina La Luz (471739 E, 2307773 N)

Localizada a 2036 msnm a unos pocos metros debajo del camino de terracería, la mina está labrada en rocas arcillo calcáreas de la Formación Soyatal.

La estructura donde se tomaron las muestras corresponde a mantos de aproximadamente un metro de espesor (Figura 4.6).

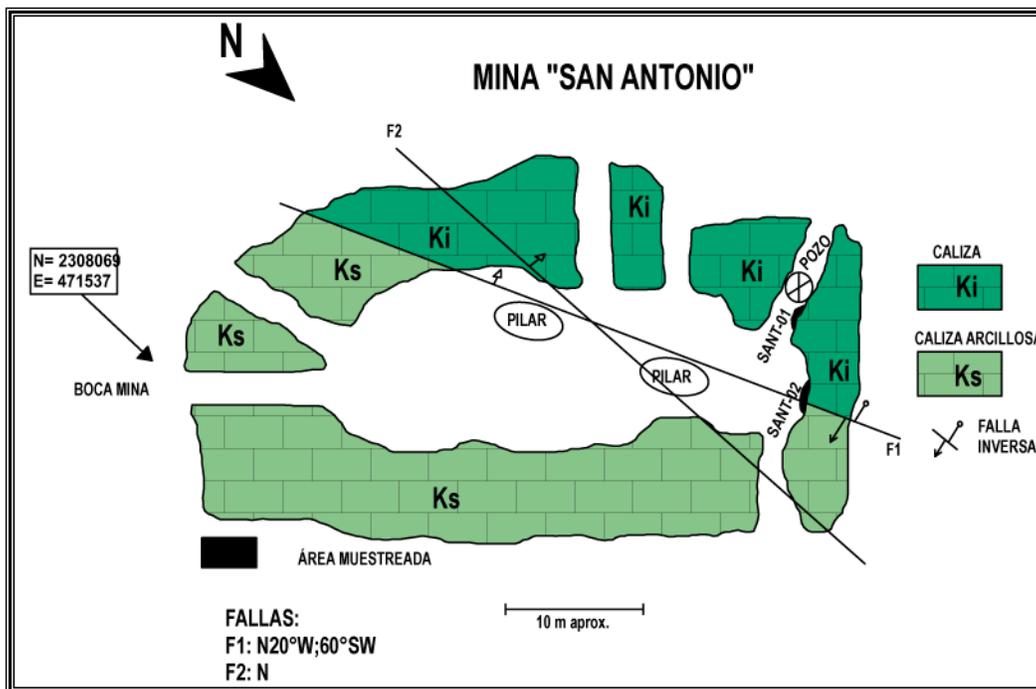


Figura 4.5 Croquis de la mina San Antonio en el cual se pueden observar las fallas que la atraviesan, marcadas con la letra F. En este croquis también se indican las zonas donde se hizo el muestreo, marcado con las letras SANT.

No. Muestra	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu ppm	W ppm	ROCA ENCAJONANTE	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MUESTREO
CC-23	1.3	108.3	4.46	1.22	516	ND	Caliza Arcillosa	Manto	Perp. a Manto
CC-24	2.2	735.6	14.8	5.92	1064	ND	Caliza Arcillosa	Manto	Perp. a Manto
CC-25	1.57	266.6	8.86	11	4240	ND	Caliza Arcillosa	Manto	Perp. a Manto
CC-26	1.45	9.45	1.84	28.4	2088	ND	Caliza Arcillosa	Manto	Perp. a Manto
CC-27	1.25	20.05	3.93	1.64	1220	ND	Caliza Arcillosa	Manto	Perp. a Manto
CC-28	1.7	23.65	7560*	2.08	464	ND	Cza. Recristalizada	Falla	Al Alto (A.Q.O.)
CC-29	5.8	39.6	1.73	1.32	584	ND	Cza. Recristalizada	Falla	Al Bajo (A.Q.O.)
CC-30	0.9	7.55	2440*	1.86	220	ND	Caliza Arcillosa	Roca Encajonante	A.Q.O.
CC-31	ND	67.15	0.73	0.64	1800	ND	Cza Recristalizada	Roca Encajonante	A.Q.O.
CC-96	0.47	26.45	0.50	0.13	224	752	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-97	27.90	27.90	0.24	632*	248	801	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-98	1.5	36.45	0.36	1044*	480	432	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-99	1.0	61.8	0.52*	588*	96	704	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-100	2.2	60.05	0.30	192*	104	565	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-101	1.95	81.85	1.45	0.22	254	1200	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-103	1.1	763.9	3.66	14.2	1720	182.3	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.
CC-104	20.8	505.3	4.08	1204*	408	351	Cza. Recristalizada	Irregular	A.Q.O.

ND: No se detectó
A.Q.O.: Análisis Químico de Orientación.

* Valor en ppm

Au>1.5 g/t; Ag>100 g/t; Cu,Pb,Zn >1%; Cu, Pb,Zn>10,000 ppm Ley económica ■

Au <0.5-1.5 g/t; Ag< 100 g/t; Cu,Pb,Zn <1%; Cu, Pb,Zn<10,000 ppm Valores anómalos ■

w : no se considera porque Zimapán es un distrito que no se caracteriza por este metal

Tabla 4.3. Leyes detectadas en la mina San Antonio, fundo minero Cerro Colorado, tomados de Castro-Mora, 1998

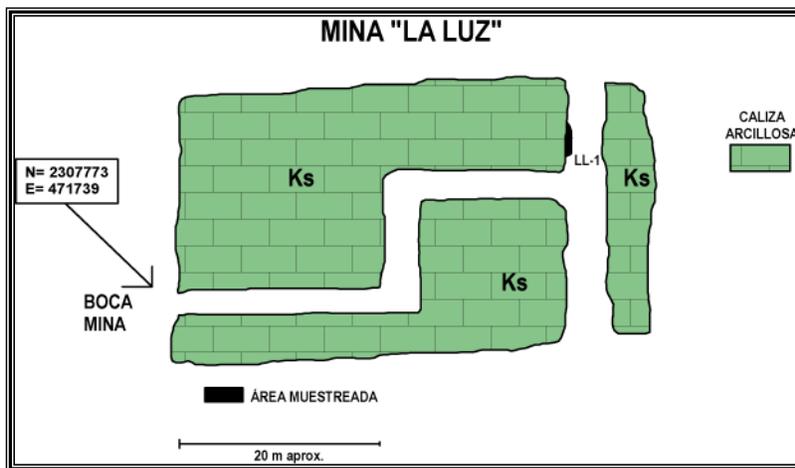


Figura 4.6 Croquis de la mina La Luz, se puede observar el área de muestro marcada con las letras LL.

Mina Tepozán (471666 E, 2307908 N)

Se localiza a 2013 msnm, es una pequeña obra de dirección oriente-poniente desarrollada en calizas mudstone recristalizadas y fracturadas, se observa brechamiento, limonita, hematita, cobre y pequeñas drusas. La estructura es un manto de 1.50 m de espesor. Dentro de la mina se observa una falla de desplazamiento lateral con componente normal de dirección $S80^{\circ}W;73^{\circ}NW$ (Figura 4.7)

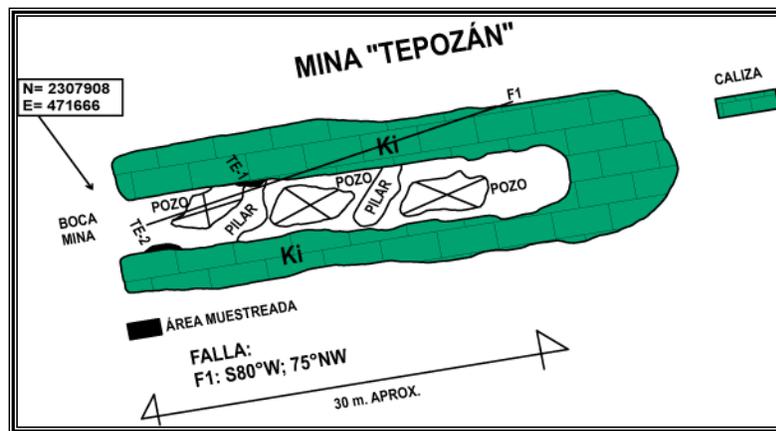


Figura 4.7 Croquis de la mina Tepozán que muestra una falla marcada con las letras F y el muestreo marcado con las letras TE

En esta obra minera se puede apreciar que todas las muestras tomadas dieron valores por encima del límite equivalente a leyes económicas, esto da un indicio de que esta cota es donde se debe encontrar concentrada la mineralización de tipo hidrotermal (Tabla 4.4).

No. Muestra	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu ppm	ROCA ENCAJONANTE	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MUESTREO
CC-44	3.3	60.55	2.64	2.64	848	Caliza Mudstone	Veta-Falla	Perp.Estruct.
CC-45	6.4	78.85	6.02	0.86	864	Caliza Mudstone	Irregular	A.Q.O.
CC-46	3.9	64.6	2.86	1.05	592	Caliza Mudstone	Irregular	A.Q.O.
CC-47	10.3	80.65	1.84	4.2	1024	Caliza Mudstone	Irregular	Secc.deArco
CC-48	3.9	54.85	7.88	8.8	1312	Caliza Mudstone	Irregular	Secc.deArco
CC-49	10.9	218.7	3.66	2.96	492	Caliza Recristalizada y Brechada	Irregular	A.Q.O.

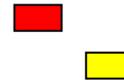
A.Q.O.: Análisis Químico de Orientación

Au>1.5 g/t; Ag>100 g/t; Cu,Pb,Zn >1%; Cu, Pb,Zn>10,000 ppm Ley económica

Au< 0.5-1.5 g/t; Ag< 100 g/t; Cu,Pb,Zn <1%; Cu, Pb,Zn<10,000 ppm Valores anómalos

Tabla 4.4. Leyes detectadas en la mina Tepozán, fundo minero Cerro Colorado, tomados de Castro-Mora, 1998

Mina Los Murciélagos (471712 E, 2308006 N)



Localizada a 2000 msnm, la obra está desarrollada en calizas recristalizadas de la Formación El Doctor, la estructura mineralizada corresponde a veta-falla, donde hay una mayor mineralización y corresponde a la brecha, se observa una falla de dirección SW-SE (Figura 4.8).



Figura 4.8 Croquis de la mina Los Murciélagos donde se observa el área muestreada (marcada con las letras MUR)

Mina Socavón Nuevo (471974 E, 2307941 N)

Esta obra se encuentra localizada a 1889 msnm, está desarrollada en calizas mudstone masivas de la Formación El Doctor. Se observa brechamiento, así como malaquita, hematita, limonita.

Dentro de la mina se tiene un sistema de fallas normales, dos fallas casi paralelas de dirección $N87^{\circ}E/70^{\circ}SE$ y $EW/75^{\circ}SE$, existe otra falla con dirección $N75^{\circ}W$ (Figura 4.9).

Los valores obtenidos dentro de esta obra minera bajan un poco su contenido con respecto a oro y plata, pero los seguimos encontrando; considerando que esta mina se encuentra topográficamente más abajo que las demás minas, se puede inferir que el límite de la mineralización de tipo hidrotermal, se encuentra cerca de esta cota y más abajo de ésta (pero al interior del Cerro Colorado) se empezarán a encontrar el yacimiento de tipo skarn formado por pirometasomatismo (Tabla 4.5).

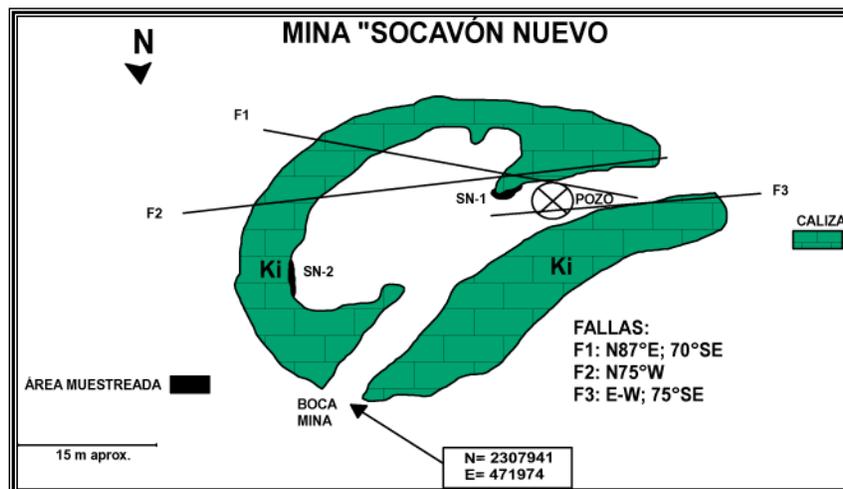


Figura 4.9 Croquis de la mina Socavón Nuevo, se marcan las fallas (F) y los lugares donde se hizo muestreo al interior de la mina (SN)

No. Muestra	Au g/t	Ag g/t	Pb ppm	Zn %	Cu ppm	ROCA ENCAJONANTE	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MUESTREO
CC-65	1.15	127.2	4168	6.36	292	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estruct.
CC-66	nd	9.25	4000	0.72	272	Cza. Recrist.	T.D. Encajonante	A.Q.O.
CC-67	1.5	187.1	2000	2.08	80	Cza. Recrist.	T.I. Encajonante	A.Q.O.
CC-68	1.1	74.65	8280	1.2	144	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Secc. de Arco
CC-69	nd	nd	3424	0.96	88	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-70	0.4	7.95	5848	1	120	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-71	2.8	54.15	3.12*	1.26	336	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-72	8.75	394.7	2.28*	1.47	272	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Secc. de Arco
CC-73	1.1	21.25	1.01*	1.36	160	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-74	0.45	19.25	3152	2400**	80	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-75	2.2	77.8	1.32*	1.92	500	Cza. Recrist.	Intersecc. Vetas	Perp. Estructura
CC-76	0.9	25.75	5384	2.52	392	Cza. Recrist.	Veta-Falla	Perp. Estructura
CC-77	1.4	27.75	5856	4.08	272	Bcha. Calcárea	Veta-Falla	Secc. de Arco
CC-78	3.1	80.25	1.91*	4.04	784	Bcha. Calcárea	Veta-Falla	Perp. Estructura

nd: No se detectó
A.Q.O.: Análisis Químico de Orientación.

* valores en %
T.D: Tabla Derecha

** valores en ppm
T.I.: Tabla Izquierda

Au>1.5 g/t; Ag>100 g/t; Cu,Pb,Zn >1%; Cu, Pb,Zn>10,000 ppm Ley económica 

Au< 0.5-1.5 g/t; Ag< 100 g/t; Cu,Pb,Zn <1%; Cu, Pb,Zn<10,000 ppm Valores anómalos 

Tabla 4.5. Leyes detectadas en la mina Socavón Nuevo, fundo minero Cerro Colorado, tomados de Castro-Mora, 1998

5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La zona mineralizada del Cerro Colorado es producida por dos eventos metalogénicos que se llevaron a cabo en dos tiempos diferentes, el primero de ellos debido al emplazamiento del intrusivo en las rocas calizas y corresponde a un ambiente de formación de tipo pirometasomático de edad postlaramídica (posiblemente oligocénica).

El contacto del intrusivo con las calizas forma un modelo tipo skarn en donde, después del intrusivo sigue una zona de depósito de reemplazamiento en la roca carbonatada, la cual es rica en sulfuros, posteriormente sigue la zona en la cual la caliza sufrió un metamorfismo transformándose en mármol y, finalmente, se encontrará la caliza de edad cretácica con nódulos de pedernal ya descrita anteriormente y es la que forma en su totalidad al Cerro Colorado ya que el intrusivo no aflora en este cerro.

El otro evento de mineralización es de tipo hidrotermal (Mioceno) relacionado al vulcanismo de la parte superior del Terciario; el mineral es emplazado dentro de las diversas fallas encontradas a lo largo del Cerro Colorado, las cuales son vistas de una manera más clara desde el interior de las minas.

Hay que señalar que varias de las minas que se encuentran en el Cerro Colorado están localizadas en los límites del frente de la cabalgadura Jiliapan, por tanto los sistemas de fallas originados por la cabalgadura Jiliapan son las estructuras en las cuales se emplazaron las vetas que contienen sulfuros, es decir que los sulfuros deben seguir direcciones orientadas al NW-SE y se irán modificando ligeramente conforme la orientación de la cabalgadura vaya variando.

Las obras mineras que fueron parte del estudio realizado son: Mina Vieja, San Antonio, La Luz, Los Murciélagos, Tepozán, Socavón Nuevo y Enebro. Como puede apreciarse en las tablas 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, los contenidos metálicos de Au,

Ag, Pb, Zn y Cu son bastante atractivos. La presencia del wolframio y hierro en algunas muestras sugiere la existencia del cuerpo intrusivo hacia la parte interna del Cerro Colorado.

La mineralización encontrada en estas minas corresponde a mantos de espesores que en promedio alcanzan 1 metro y vetas con estructura de drusas aproximadamente medio metro de espesor. Otra forma de mineralización es la que se encuentra alojada en las fallas y en las brechas de falla observadas dentro de las minas Murciélagos, Socavón Nuevo y Enebro, que forman estructuras de tipo veta.

Al analizar las fallas encontradas al interior de las minas, se observó que la mayoría de ellas tienen tendencia también al NW, hay que recordar que la cabalgadura Jiliapan tiene una orientación general hacia el NW por tanto es factible pensar que las fallas que existan en las minas sean paralelas o sean parte de un conjunto de fallas originadas debido a la cabalgadura que pone en contacto a las rocas del Cretácico Inferior sobre las rocas del Cretácico Superior.

La mineralización encontrada en estructuras de tipo manto existe principalmente en las minas Mina Vieja y San Antonio, estos mantos tienen una tendencia general orientada hacia el NW. En la mina San Antonio, al estar ubicada a escasos metros de la Mina Vieja, los mantos de mineralización existentes indican un ambiente de formación igual a esa mina, es decir un ambiente de formación de tipo pirometasomático con fuerte alteración hidrotermal.

En lo que corresponde a la mina La Luz, la mineralización se encuentra en las rocas del Cretácico Superior, es decir en la intercalación de rocas calizas y lutitas pertenecientes a la Formación Soyatal, en esta mina, al igual que en las anteriores, la mineralización es producto de un ambiente hidrotermal formando estructuras tipo manto.

Las minas Los Murciélagos y Tepozán mostraron una falla de desplazamiento lateral con rumbo S50W y el mineral se encuentra emplazado en vetas formadas dentro de la falla debido a los fluidos hidrotermales.

En las minas, Socavón Nuevo y Enebro el tipo de emplazamiento de la mineralización se observa en estructuras de tipo veta-falla y presentan varias estructuras conocidas como stockworks.

La Mina Vieja y la mina San Antonio se encuentran a una elevación de 2092 msnm, esto es aproximadamente 50 metros más alto que el camino de terracería (2040 msnm.), es en estas minas donde existen calizas pertenecientes a la Formación el Doctor de edades del Cretácico Inferior; ahora bien, hay que señalar que a la altura de la terracería se encuentran intercalaciones de calizas con lutitas, también se mencionó que estas intercalaciones se encuentran dentro de la mina La Luz que se ubica aproximadamente a 4 metros por debajo de la terracería; esta formación de rocas calcáreas y lutitas pertenecen a la Formación Soyatal del Cretácico Superior (ver mapa geológico anexo 1:10000). Al mencionar lo anterior se descubre que las minas primeramente mencionadas se encuentran en rocas más viejas de edad pero topográficamente arriba de las minas que se encuentran en rocas más jóvenes, por tanto, aunque no es visible se infiere que la cabalgadura Jiliapan pasa entre estos puntos mencionados.

El frente de la cabalgadura de Jiliapan y por consiguiente también las minas que se encuentran casi a la altura del camino de terracería (La Luz, Murciélagos, Tepozán) posiblemente marcan un límite sobre los tipos de emplazamientos que se tienen en el lote del Cerro Colorado, es decir, topográficamente arriba de estas minas se encontró, la mineralización en mantos, mientras que a partir de las minas localizadas en la cercanía del camino de terracería y minas que se encuentren topográficamente abajo (Socavón Nuevo, Enebro) presentaron estructuras mineralizadas en forma de vetas dentro de fallas.

Considerando que las minas Socavón Nuevo y Enebro se localizan a una cota aproximada de 1880 msnm. (y son las minas que se encuentran topográficamente más abajo del lado oriente del Cerro Colorado), al descender unos 270 metros más (a 1610 msnm), en la barranca de Los Mármoles, existen yacimientos de Fe y canteras de Mármol, lo cual indica la zona en la que la roca intrusiva afectó a una gran parte de las calizas de la Formación Doctor, generando así un yacimiento de tipo skarn (Figura 5.1).

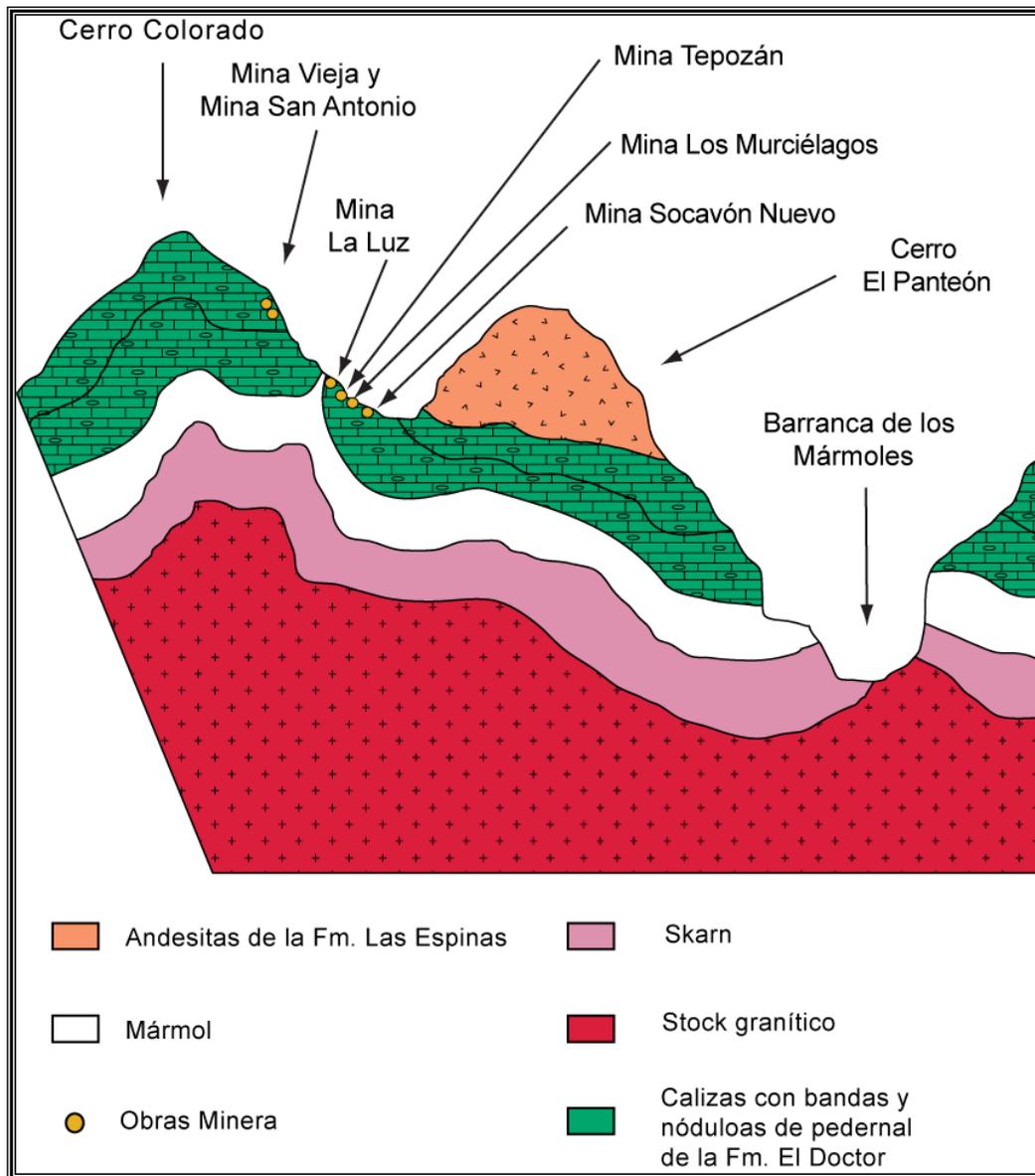


Figura 5.1. Sección esquemática con la componente vertical exagerada desde el Cerro Colorado hasta la barranca de Los Mármoles

En resumen: a 1610 msnm, en la barranca de Los Mármoles, se encuentra el intrusivo en contacto con la caliza formando yacimientos de Fe y sulfuros debido al metasomatismo y, entre la cota de 1610 msnm y las cota 1880 msnm, en donde se encuentran ubicadas las minas Enebro y Socavón Nuevo puede encontrarse la asociación Fe-Au-Cu en lo que corresponde al endoskarn así como sulfuros en el exoskarn. Finalmente, desde la cota 1880 msnm hasta la terracería que comunica a los poblados de Cerro Colorado y Jagüey Colorado se encuentran sulfuros emplazados en vetas formadas dentro de las fallas que, tienen una orientación general hacia el NW y, topográficamente arriba de la terracería se tienen los sulfuros emplazados en mantos y drusas.

Todos estos datos se pueden ver de una manera más clara en el siguiente modelo en 3D obtenido con la ayuda del Arc view, el cual muestra de una manera más gráfica como se está manifestando la mineralización, la cual no se puede observar puesto que se encuentra al interior del Cerro Colorado, pero que si puede ser inferida.

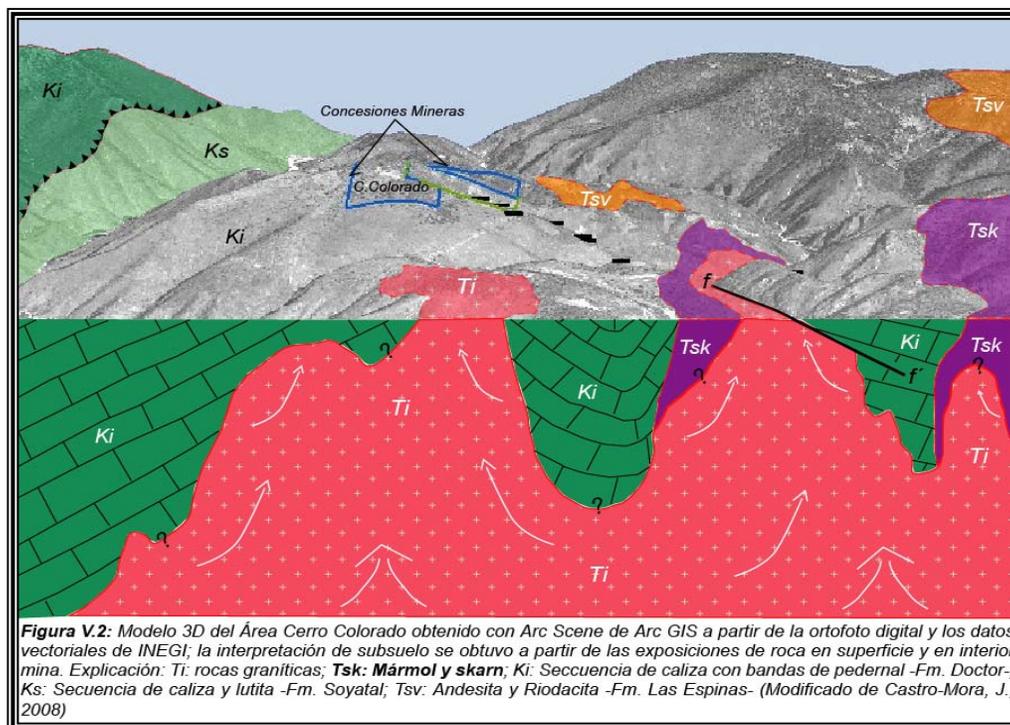


Fig. 5.2 Modelo 3D del Área Cerro Colorado

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al terminar de recabar toda la información obtenida de campo y de interior de mina, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La mineralización de Cerro Colorado se dio debido a dos eventos: uno de tipo pirometasomático que ayudó a la formación de zonas de sulfuros, por reemplazamiento de carbonatos, dentro de un esquema de zonación pirometasomática con la formación de skarn y mármol, este evento no aflora en la superficie, pero existen indicios de mineralización de wollastonita en la porción occidental del Cerro Colorado, en las inmediaciones de la mina Carolina.
- El intrusivo se encuentra a no más de 270 metros por debajo del camino de terracería lo cual lleva a la posibilidad de considerar que antes de esa profundidad se encontrará en primer lugar la zona del exoskarn con sulfuros, posteriormente el endoskarn con su relación Fe-Au-Cu
- El otro, es un evento de tipo hidrotermal que emplazó al mineral en estructuras veta-falla y drusas, este evento se encuentra por arriba del skarn mencionado en el punto anterior, y físicamente se observa al interior de las minas Socavón Nuevo, Enebro y Murciélagos en lo que se refiere a estructuras tipo veta-falla y en lo que respecta a estructuras de tipo manto y drusas a las minas La Luz, Mina Vieja y San Antonio.
- Las vetas que se ubicaron en las fallas varían de un metro a dos metros de espesor.
- Se observó que los mantos no exceden del metro de espesor, y aunque longitudinalmente tampoco pasan de un metro, basándose en la correlación actual del área de explotación El Carrizal y Lomo de Toro, dichos mantos

con frecuencia incrementan considerablemente su espesor hasta graduar en cuerpos tipo chimenea (Castro-Mora, comunicación verbal).

- El área más importante para comenzar una exploración a mayor detalle es el lado NE del Cerro Colorado ya que es el área donde se ubican las principales minas
- A la parte occidental del lote (la parte oeste cubierta por hojarasca y suelo), debe practicársele algún método de exploración propuesto, es decir: primero un muestreo geoquímico o un estudio geofísico, y finalmente, teniendo los resultados de los análisis previos se podrá realizar una campaña de barrenación; lo dicho anteriormente tiene el objetivo de conocer que también esta zona occidental del lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado puede ser económicamente viable para realizar obras de explotación de mineral, si los trabajos de exploración son favorables.

Tomando en cuenta lo dicho en las anteriores conclusiones y una vez analizada toda la región que corresponde al Cerro Colorado se hace la recomendación de realizar un programa de exploración basado en la información recabada durante la investigación bajo las siguientes propuestas o recomendaciones:

- ✓ Se propone primero hacer un estudio geofísico por medio del método eléctrico; ya que los métodos de prospección eléctrica se basan en la conductividad o la resistividad eléctrica de las rocas, las cuales son propiedades físicas. En la situación presente se encuentra una zona de sulfuros los cuales son de alta conductividad y baja resistividad eléctrica.

- ✓ Además de que un depósito de sulfuros de zinc, plomo y cobre (constituido principalmente de calcopirita, pirita, esfalerita y galena (según Evans, 1992)) está caracterizado por alta conductividad, hay que tomar en cuenta que también presenta alta densidad y frecuentemente alta susceptibilidad magnética debido a la presencia de magnetita como mineral huésped, por tanto además de los métodos de prospección eléctrica (de resistividad, de polarización inducida y de autopotencial), también el método magnético y el método gravimétrico son métodos geofísicos aptos para detectar y delinear este tipo de depósitos minerales.

- ✓ El mejor método de prospección eléctrica de los mencionados en el párrafo anterior, para proponer en el programa de exploración es el método de la polarización inducida, este método va a cuantificar las propiedades capacitivas de la corteza terrestre (presencia de "mini-condensadores") como en el caso de la concentración anómala de sulfuros que es el tipo de yacimientos encontrados en la zona de estudio.

- ✓ Este método se hará con la finalidad de obtener datos más precisos sobre el comportamiento de las rocas no aflorantes, haciendo este estudio se lograrán ver las anomalías que se presentan en el lugar y esto ayudará a dar una mejor interpretación acerca del tipo de mineralización que exista en el lote, es decir, a que profundidad se encuentran los horizontes mineralizados.

- ✓ Teniendo en cuenta que el intrusivo no aflora en el Cerro Colorado, se infiere que está debajo del mismo cerro a no más de 270 metros de profundidad, y por ello se propone hacer una campaña de barrenos exploratorios. El primer barreno (ver mapa geológico anexo, escala 1:10000) se debe hacer de manera vertical desde la terracería a la altura del punto de GPS marcado con la clave CC-086 (en este punto marcado sobre la terracería existe un afloramiento de mármol lo que indica que la

ubicación del intrusivo a profundidad pudiera estar más cerca de lo pensado). Lo anterior se propone con el objetivo de conocer exactamente a que profundidad está el intrusivo y por tanto, antes de cortar el intrusivo se podría encontrar primero la zona del exoskarn donde se tienen los sulfuros y después la zona que está relacionada con el endoskarn en donde se presenta la relación Fe-Au-Cu.

La barrenación también ayudará a cortar vetas que se encuentran emplazadas en las fallas que (con orientación general al NW) permitirá medir de una mejor manera los espesores de la veta así como el alcance que logra la misma.

- ✓ El otro barreno que se propone se debe hacer en la parte occidental del Cerro Colorado, es decir, al lado contrario de la terracería, en los límites del lote; el barreno debe ir en una dirección NW45° y con una inclinación de 45° (90° con respecto al estrato de la caliza). Al no tener en esta área del lote, afloramientos los que puedan dar un indicio de mineralización debido a que esta parte ya está cubierta por suelo y hojarasca, el barreno será de gran ayuda para delimitar la mineralización desde ese lado del cerro; el barreno se propone con la intención nuevamente de cortar las vetas producto de acción hidrotermal, el mármol, los sulfuros, la relación Fe-Au-Cu para finalmente llegar hasta la roca intrusiva.

- ✓ Adicionalmente, pero no menos importante, un estudio geoquímico de sedimentos de arroyo del lote puede revelar donde se encuentran y concentran los elementos que con frecuencia están asociados al Au,Ag,Cu,Pb y Zn que se desean para iniciar la explotación del cerro, y si a este estudio geoquímico se le relaciona con el estudio geofísico se estarán definiendo e interpretando, con una mejor precisión, las longitudes de la mineralización así como su ubicación.

Es importante contar con mapas de las minas abandonadas para hacer un levantamiento estructural a detalle que defina de una manera precisa la orientación de las fallas donde se encuentra el mineral y así proyectar la veta y los trabajos de exploración conducentes.

Anexos

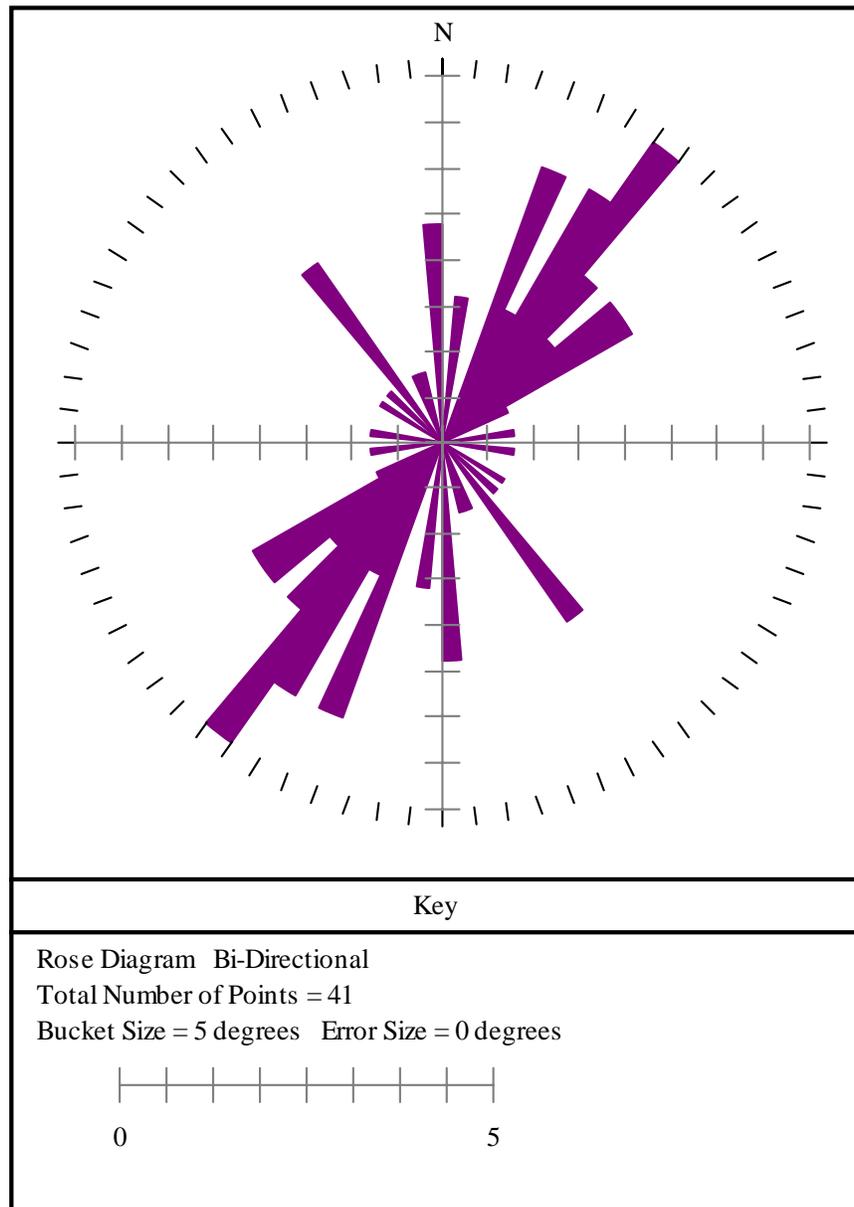


Diagrama de roseta indicando la dirección preferencial de la inclinación de los estratos.

Acuse

Ocotlán de Morelos, Oaxaca, a 10 de septiembre de 2008

**ING. ROLANDO NIETO GUTIÉRREZ
SERVICIO GEOLOGICO MEXICANO
SUBGERENTE CENTRO EXPERIMENTAL OAXACA
PRESENTE**

El motivo del presente, es para solicitar, de la manera más atenta, se practique el análisis químico por cinco elementos (oro, plata, plomo, zinc, cobre) a las 7 (siete) muestras que se enlistan a continuación. Dichas muestras proceden del área Cerro Colorado, Distrito Minero Zimapán.

MV-1, MV-4, MV-5, SANT-1, SANT-2, TE-2 y MUR-01

Agradeciendo la atención que se sirva dar al presente, quedo a sus órdenes para cualquier duda o comentario al respecto.

ATENTAMENTE

[Handwritten signature]
**ING. JESÚS CASTRO MORA
UNAM, Facultad de Ingeniería
Profesor de Metalogenia**





CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

CENTRO EXPERIMENTAL OAXACA

Km.0.5, CARRETERA A SAN LORENZO CACAOTEPEC, ETLA, C.P. 68258, OAXACA.
APARTADO POSTAL 973, C.P. 68000, OAXACA, OAX., TEL. 91(951) 8-75-90, 8-76-55

ESTUDIO PETROGRAFICO DE 5 MUESTRAS MARCADAS COMO:
CC-94A, CC-95, CC-102, CC-106 Y CC-109, PROCEDENTES
DEL PROYECTO DISTRITOS MINEROS ZIMAPAN, EN EL ES-
TADO DE HIDALGO. CLAVE 31801.

No. ORDEN : 5

REGISTRO : 42 , 43 , 44 , 45 , 46

INTERESADO : ING. JESUS CASTRO MORA

PROCEDENCIA : DISTRITOS MINEROS ZIMAPAN

PROYECTO : DISTRITOS MINEROS

ESTUDIO REALIZADO POR : ING. DAVID ESPONDA ORTIZ

REVISO


ING. DAVID ESPONDA ORTIZ
JEFE DEL DEPTO. DE CAR. DE MAT.

Vo. Bo.



ING. FLOR DE MARIA HARP ITURRIBARRIA
JEFE DEL CENTRO EXPERIMENTAL

* LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS SOLO AFECTAN AL (LOS) OBJETO(S), SOMETIDO(S) A PRUEBA





CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

CENTRO EXPERIMENTAL OAXACA

Km.05, CARRETERA A SAN LORENZO CACAOTEPEC, ETLA, C.P. 68258, OAXACA.
APARTADO POSTAL 973, C.P.68000, OAXACA, OAX., TEL. 91(951) 8-75-90, 8-76-55

ESTUDIO PETROGRAFICO DE 5 MUESTRAS MARCADAS COMO:
CC-94A, CC-95, CC-102, CC-106 Y CC-109, PROCEDENTES
DEL PROYECTO DISTRITOS MINEROS ZIMAPAN, EN EL ES-
TADO DE HIDALGO. CLAVE 31801.

FEBRERO 11 DEL 1998

DEPARTAMENTO DE CARACTERIZACION DE MATERIALES

ORDEN DE TRABAJO : 5 IDENTIFICACION DE CAMPO : CC-094A

I. E S T U D I O P E T R O G R A F I C O

- a). DESCRIPCION MEGASCOPICA
 COLOR : GRIS CON CEMENTANTE ROJIZO
 ESTRUCTURA Y TEXTURA : COMPACTA, CONGLOMERATICA
 MINERALOGIA : CLASTOS DE ROCAS
- b). DESCRIPCION MICROSCOPICA
 MICROTEXTURA DE LA ROCA : EPICLASTICA-SEFITICA

COMPONENTES PRINCIPALES	PROPORCION AREOLAR (%)				MICROTERTURAS		RELACIONES MICROTERTURALES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS
	-5	5-25	25-50	50-75	75+	FORMAS TAMAO EN µm	
CLASTOS DE ROCAS SERICITIZADOS		X				ANGULAR	CLASTOS REDONDEADOS CEMENTADOS POR HEMATITA.
CLASTOS DE ROCAS CALIZAS MAMONILLIZADAS			X			ANGULAR	CLASTOS SUBANGULOSOS CEMENTADOS POR HEMATITA.
HEMATITA	X					ANGULAR	ACTUA COMO CEMENTANTE EN LA ROCA.

- c). MATRIZ O CEMENTANTE : HEMATITA
 d). ORIGEN : SEDIMENTARIO
 e). CLASIFICACION DE LA ROCA : CONGLOMERADO

ORDEN DE TRABAJO : 5

IDENTIFICACION DE CAMPO : CC-095

I. E S T U D I O P E T R O G R A F I C O

- a). DESCRIPCION MEGASCOPICA
 COLOR : ROJO OXIDO
 ESTRUCTURA Y TEXTURA : COMPACTA, AFANITICA
 MINERALOGIA :
 b). DESCRIPCION MICROSCOPICA
 MICROTEXTURA DE LA ROCA : MICROLITICA AFELTRADA

COMPONENTES PRINCIPALES	PROPORCION APROXIMADA %					MICROTERTURAS		REACCIONES MICROTERTURALES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS
	-5	5-25	25-50	50-75	75+	FORMAS	TAMAO EN µm	
OLIGOCLASA/ANORTITA				X		SUBDICAL	100-200	MICROLITOS TABULARES ORIENTADOS AL AZAR DENTRO DE UNA MATRIZ DE HENATITA.
HEMATITA	X					ANGOSTA	MUY FINA	CONSTITUYE LA MATRIZ DE LA ROCA.
PIROXENITA	X					ANGOSTAL	40-100	FORMANDO PARTE DE LA MATRIZ DE LA ROCA.

- c). ORIGEN : TORO EXTRUSIVO
 d). CLASIFICACION DE LA ROCA : ANORTITA

ORDEN DE TRABAJO : 5 IDENTIFICACION DE CAMPO : CC-102

I. ESTUDIO PETROGRAFICO

- a). DESCRIPCION MEGASCOPICA
 COLOR : ROJO OXIDO
 ESTRUCTURA Y TEXTURA : COMPACTA, FANERITICA
 MINERALOGIA : MENA DE FIERRO, CUARZO Y CALCITA.
- b). DESCRIPCION MICROSCOPICA
 MICROTEXTURA DE LA ROCA : BRECHADA

COMPONENTES PRINCIPALES	PROPORCION APROXIMADA %				MICROTERTURAS		RELACIONES MICROTERTURALES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS	
	-5	5-25	25-50	50-75	75+	FORMAS		TAMAO EN µm
HEMATITA			X			ANGRFA	PASTIA	MENA DE FIERRO CON ABUNDANTE PRESENCIA DE CUARZO Y CALCITA.
CUARZO		X				ANGRVAL	80-10000	INCLUIDOS DENTRO DE LA HEMATITA Y, OTROS CEMENTADOS POR CALCITA.

- c). ORIGEN : HIOTERMAL
- d). CLASIFICACION DE LA ROCA : MENA DE FIERRO CON CUARZO Y CALCITA EL- DIOOTERMAL.

ORDEN DE TRABAJO : 5 IDENTIFICACION DE CAMPO : CC-106

J. B S T U D I O P E T R O G R A F I C O

- a). DESCRIPCION MEGASCOPICA
 COLOR : ROJO OXIDO
 ESTRUCTURA Y TEXTURA : COMPACTA, FANERITICA
 MINERALOGIA : HEMATITA Y CALCITA
- b). DESCRIPCION MICROSCOPICA
 MICROTEXTURA DE LA ROCA : MASTIVA

COMPONENTES PRINCIPALES	PROPORCION APROXIMADA %				MICROTEXTURAS		RELACIONES MICROTEXTURALES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS	
	-5	5-25	25-50	50-75	75+	FORMAS		TAMANO EN µm
CALCITA			X			ANGULAR	400-1000	FORMAS TEXTURA EN MOSAICO CON PRESENCIA DE HEMATITA.

- c). ORIGEN : SEDIMENTARIO
- d). CLASIFICACION DE LA ROCA : CALIZA
- e). OBSERVACIONES GENERALES : PODRIA CONSIDERARSE TAMBIEN QUE LA MUESTRA PODRIACORRESPONDER A MATERIAL EUDOTERMAL (CALCITA+HEMATITA).

ORDEN DE TRABAJO : 5 IDENTIFICACION DE CAMPO : CC-109

I. ESTUDIO PETROGRAFICO

- a). DESCRIPCION MEGASCOPICA
 COLOR : GRIS
 ESTRUCTURA Y TEXTURA : COMPACTA, FANERITICA-BRECHADA
 MINERALOGIA : CLASTOS ANGULOSOS DE PEDERNAL
 b). DESCRIPCION MICROSCOPICA
 MICROTEXTURA DE LA ROCA : BRECHADA

COMPONENTES PRINCIPALES	PROPORCION APROXIMADA %				MICROTEXTURAS		RELACIONES MICROTEXTURALES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS	
	-5	5-25	25-50	50-75	75+	FORMAS		TAMANO EN µm
CUARZO				X		ANGULAR	10-150	CRISTALES DE TAMANO MUY FINO QUE CONSTITUYE LA MATRIZ DE LA ROCA.
PEDERNAL	X					ANGULAR	500-5000	CLASTOS ANGULOSOS DENTRO DE LA MATRIZ DE CUARZO.

- c). ORIGEN : EIDROTHERMAL O SEDIMENTARIO
 d). CLASIFICACION DE LA ROCA : BRECHA EIDROTHERMAL O BRECHA.



PODER EJECUTIVO FEDERAL
Consejo de Recursos Minerales

Centro Experimental Tecamachalco

Acueducto No. 4 Esquina Calle 14 bis, Colonia Reforma Social, México 11650, D.F.
Teléfonos: (5) 520 2411, 520 2413, 520 4868, 202 4541.
Fax: (5) 540 5263

México, D. F., 3 de febrero de 1995

ING. JESUS CASTRO MORA
OFICINA REGIONAL OAXACA
PRESENTE

ADJUNTO ENVIÓ A USTED, CERTIFICADO ORIGINAL DE MUESTRAS ENVIADAS POR ESA OFICINA REGIONAL.

O.T.	PROYECTO	ING. SOLICITANTE
20-97	APOYO AL DTTO. MRO. ZIMAPAN	ING. JESUS CASTRO MORA

SIN MAS POR EL MOMENTO, APROVECHO LA OCASION PARA ENVIARLE UN CORDIAL SALUDO

ATENTAMENTE,


ING. ROLANDO NIETO GUTIERREZ
JEFE DEL C. E. TECAMACHALCO

C.c.p. ARCHIVO
CONSECUTIVO

RNG:mmm

CERTIFICADO



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
CENTRO EXPERIMENTAL TECAMACHALCO

CDA DE SIERRA SANTA ROSA No. 4
COL. LOMAS DE CHAPULTEPEC MEXICO D.F.
C.P. 11000 TEL. 529-24-11
FAX. 540-52-82

No. 720/97

FACTURA No. _____ ORDEN No. 720/97
REMITENTE ING. JESUS CASTRO MORA OFICINA REGIONAL OAXACA
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA APOYO AL DISTRITO MINERO ZIMAPAN
FECHA DE ENTRADA NOVIEMBRE 24, 1997 FECHA DE SALIDA DICIEMBRE 9, 1997

ANALISIS CUALITATIVO POR DIFRACCION DE RAYOS X.

LAS ESPECIES MINERALES IDENTIFICADAS EN LOS DIFRACTOGRAMAS OBTENIDOS SE ANOTAN A CONTINUACION , EN ORDEN DECRECIENTE DE ACUERDO A SU GRADO DE CRISTALIZACION.

No. DE MUESTRA	ESPECIES MINERALES IDENTIFICADAS
7927 CC-18	CUARZO, CALCITA, MICA, HEMATITA.
7928 CC-85	CALCITA, CUARZO, MONTMORILLONITA, VATERITA, CAOLINITA, FELDESPATOS, HEMATITA.
7929 CC-86	CUARZO, FELDESPATOS, CAOLINITA, CALCITA, HEMATITA.
7930 CC-89	CALCITA, CUARZO, FELDESPATOS, MONTMORILLONITA, CAOLINITA, VATERITA, HEMATITA.

ESTUDIO REALIZADO POR: Q. I. GLORIA AYALA ROJAS.


ING. MA. DE LA LUZ RIVAS SANCHEZ
JEFE DEPTO. CARACTERIZACION DE MINERALES


ING. ROLANDO NIETO GUTIERREZ
JEFE CENTRO EXPERIMENTAL

CERTIFICADO



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

CENTRO DE INVESTIGACIONES ZONA SUR

Carretera a San Lorenzo Cacaotepec Km. 0.5

San Pablo Etla, Oaxaca

C.P. 68258 Apdo. Postal 1456 Tel. 2-50-90

Nº 1331

RECIBO NUM. _____ CERTIFICADO NUM. _____ ORDEN No. 144/97

FACTURA NUM. _____ REGISTRO _____

REMITENTE GERENCIA DE ASISTENCIA A LA MINERIA.- ING. JESUS CASTRO

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA OFICINA REG. OAXACA DISTRITOS MINEROS ZIMAPAN, HGO.

FECHA DE ENTRADA NOVIEMBRE 17 DE 1998 FECHA DE SALIDA FEBRERO 11 DE 1998

ADJUNTO AL PRESENTE, SE ENVIAN 9 REPORTES DE LOS ESTUDIOS PETROGRÁFICOS REALIZADOS A MUESTRAS PROCEDENTES DEL PROYECTO DISTRITOS MINEROS (ZIMAPAN, HGO.).



ESTUDIOS

CARACTERIZACIÓN

ANÁLISIS QUÍMICO

Jefe del Centro de Investigaciones



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

CENTRO EXPERIMENTAL OAXACA
Km.0.5, CARRETERA A SAN LORENZO CACAOTEPEC, ETLA, C.P. 68258, OAXACA.
APARTADO POSTAL 973, C.P.68000, OAXACA, OAX., TEL. 91(951) 8-75-90, 8-76-55

ESTUDIOS PETROGRAFICOS DE 9 MUESTRAS PROCEDENTES DEL PROYECTO APOYOS A DISTRITOS MINEROS ZIMAPAN EN EL ESTADO DE HIDALGO

No. DE ORDEN: 144/97

FECHA DE ENTRADA: 18 DE NOVIEMBRE DE 1997

FECHA DE SALIDA: 11 DE FEBRERO DE 1998

REFERENCIAS:CC-31, CC-50, CC-51, CC-79, CC-81, CC-90, CC-92,
CC-93.

NOTA: LA MUESTRA MARCADA COMO CC-18, NO PUDO
PREPARARSE DEBIDO A QUE ESTABA MOLIDA PARA SU ANALISIS
POR DIFRACCION DE RAYOS X.

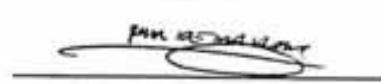
INTERESADO: ING. JESUS CASTRO MORA

PROCEDENCIA: ZIMAPAN, HIDALGO

ESTUDIO REALIZADO POR: ING. DAVID ESPONDA ORTIZ

REVISO


ING. DAVID ESPONDA ORTIZ

Vo. Bo.


ING.FLOR DE MA. HARP I.

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 31

N° REGISTRO: 2383 C/87

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPIA

COLOR: GRIS BLANQUESINO

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: AFANITICA

MINERALOGIA:

MICROTEXTURA DE LA ROCA: SATURADA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
CALCITA				X		ANEDRAL	60-500	CRISTALES SUBREDONDEADOS CON TEXTURA EN MOSAICO-SATURADA.
DOLOMITA		X				ANEDRAL	100-600	IDEM
MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES		
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %			
MINERALES OPACOS	X					SU PRESENCIA ES ESCASA, OBSERVANDOSE EN PEQUEÑAS FRACTURAS.		

C) ORIGEN O YACIMIENTO: SEDIMENTARIO CON METAMORFISMO DE BAJO GRADO

*D) CLASIFICACION: CALIZA RECRISTALIZADA *

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:
MUESTRA: CC - 89

N° REGISTRO: 2439 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA
COLOR: GRIS
MINERALOGIA:

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: AFANITICA

MICROTEXTURA DE LA ROCA: MICROLITICA-PILOTAXITICA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
OLIGOCLASA-ANDESINA				X		SUBEDRAL	50-200	FINOS CRISTALES TABULARES MOSTRANDO CIERTA ORIENTACION PARALELA.
BIOTITA PARDA	X					ANEDRAL	40	FINOS CRISTALES ERRATICAMENTE PRESENTES EN LA ROCA.
ORTOCLASA	X					SUBEDRAL	160-200	FINOS CRISTALES DE FORMAS CUADRADAS ERRATICAMENTE PRESENTES

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	

C) ORIGEN O YACIMIENTO: IGNEO EXTRUSIVO

D) CLASIFICACION: ANDESITA

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 81

N° REGISTRO: 2449 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA

COLOR: ROJO CARNE

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: AFANITICA

MINERALOGIA:

MICROTEXTURA DE LA ROCA: MICROLITICA-PILOTAXITICA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
OLIGOCLASA-ANDESINA				X		SUBEDRAL	60-300	CRISTALES TABULARES FINOS , PRESENTAN CIERTA ORIENTACION PARALELA. LOS CRISTALES DE TAMAÑO MEDIO SON ESCASOS. LAS FORMAS PRESENTES CORRESPONDEN A LAS DE LA HORNBLENDA. PRESENTAN COMPLETA RESORCION DE FIERRO.
MAFICOS		X				SUBEDRAL	100-300	

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES	
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %		

C) ORIGEN O YACIMIENTO: IGNEO EXTRUSIVO

D) CLASIFICACION: ANDESITA

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:
MUESTRA: CC - 79

N° REGISTRO: 2441 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPIA
COLOR: GRIS OSCURO
MINERALOGIA: VETILLAS DE CALCITA

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: AFANITICA

MICROTEXTURA DE LA ROCA: MICROCRISTALINA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
CALCITA				X		ANEDRAL	MUY FINA	MASA MICROCRISTALINA CON MODERADA PRESENCIA DE FOSILES.
FOSILES		X				DIVERSAS	60-500	DE FORMAS REDONDAS, OVOIDES Y EN ESPICULAS.

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES	
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %		
CALCITA	X						PRESENCIA DE ESCASAS VETILLAS.

C) ORIGEN O YACIMIENTO: SEDIMENTARIO
D) CLASIFICACION: CALIZA FOSILIFERA
E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 81

N° REGISTRO: 2442 C/87

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA

COLOR: GRIS OSCURO

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: AFANITICA

MINERALOGIA:

MICROTEXTURA DE LA ROCA: MICROCRISTALINA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMANO MICRAS	
CALCITA					X	ANEDRAL	20-100	FINOS CRISTALES FORMANDO TEXTURA EN MOSAICO MUY FINO.

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES	
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %		

C) ORIGEN O YACIMIENTO: SEDIMENTARIO

D) CLASIFICACION: CALCARENITA

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 90

N° REGISTRO: 2443 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA

COLOR: BLANCO GRISACEO

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: FANERITICA

MINERALOGIA: PLAGIOCLASAS, MAFICOS, CUARZO Y FELDESPATOS.

MICROTEXTURA DE LA ROCA: HOLOCISTALINA PANIDIOMORFICA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
OLIGOCLASA-ANDESINA			X			SUBEDRAL	200-3000	GRANDES CRISTALES SUBEDRALES FORMANDO TEXTURA A MANERA DE MOSAICO CON LOS DEMAS
ORTOCLASA		X				SUBEDRAL	250-1000	CRISTALES DE LA ROCA. IDEM.
CUARZO		X				ANEDRAL	100-400	CRISTALES ANEDRALES DE TAMAÑO MEDIO, Y FOR- MANDO INTERCRECIMIENTOS GRAFICOS CON AL-
BIOTITA-HORNBLENDA		X				ANEDRAL	100-2000	GUNOS CRISTALES DE ORTOCLASA. CRISTALES PEQUEÑOS Y GRANDES DE ASPECTO
								TABULAR. LA HORNBLENDA ES VERDE Y LA BIOTITA PARDA.
AUGITA	X					ANEDRAL	200-400	CRISTALES ANEDRALES DE TAMAÑO MEDIO.
ESFENA	X					SUBEDRAL	200-600	ERRATICA PRESENCIA.

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES	
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %		

C) ORIGEN O YACIMIENTO: IGNEO INTRUSIVO

D) CLASIFICACION: GRANODIORITA DE BIOTITA-HORNBLENDA

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 92

N° REGISTRO: 2444 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA

GRIS CLARO CON TONOS AMARILLENOS

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: CLASTICA

MINERALOGIA:

MICROTEXTURA DE LA ROCA: EPICLASTICA-SEFITICO

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMANO MICRAS	
CUARZO CALCEDONICO			X			ANEDRAL	2000-30000	CLASTOS GRANDES SUBANGULOSOS CEMENTADOS POR CALCITA.
CUARZO		X				ANEDRAL	200-700	CLASTOS INDIVIDUALES Y COMO AGREGADOS DE FORMAS SUBANGULOSAS.
PEDERNAL CALCITA		X	X			ANEDRAL ANEDRAL	500-3000 MUY FINA	IDEM MASA MUY FINA QUE PARECE ESTAR ACTUANDO
HIDROXIDOS DE FIERRO		X						COMO CEMENTANTE DE LA ROCA, COMO MANCHONES EN ALGUNOS SECTORES DE LA ROCA.

MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES	
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %		

C) ORIGEN O YACIMIENTO: SEDIMENTARIO

D) CLASIFICACION: BRECHA CON CEMENTANTE CALCAREO

E) OBSERVACIONES GENERALES:

4. ESTUDIO PETROGRAFICO:

MUESTRA: CC - 93

N° REGISTRO: 2446 C/97

4.2 DESCRIPCION MEGASCOPICA

COLOR: GRIS BLANQUESINO

ESTRUCTURA: COMPACTA

TEXTURA: FANERITICA

MINERALOGIA: PLAGIOCLASAS, CUARZO, FELDESPATOS Y MAFICOS.

MICROTEXTURA DE LA ROCA: HOLOCRIHALINA PANIDIOMORFICA

MINERALES PRINCIPALES	CONTENIDO TENTATIVO EN %					MICROTEXTURAS		RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y MICROTEXTURAS
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %	FORMA	TAMAÑO MICRAS	
OLIGOCLASA-ANDESINA			X			SUBEDRAL	100-2000	GRANDES CRISTALES SUBEDRALES FORMANDO TEXTURA EN MOSAICO CON LOS DEMAS CRISTALES DE LA ROCA.
ORTOCLASA		X				SUBEDRAL	100-2000	IDEM.
MICROPERTITAS		X				ANEDRAL	1000-2000	IDEM.
CUARZO		X				ANEDRAL	200-600	CRISTALES DE TAMAÑO MEDIO.
HORNBLENDA-BIOTITA			X			SUBEDRAL	100-1400	DE FORMAS PRINCIPALMENTE TABULARES.
ESFENA	X					ANEDRAL		ERRATICA PRESENCIA EN LA ROCA.
MINERALES SECUNDARIOS	CONTENIDO TENTATIVO EN %					RELACIONES Y ASOCIACIONES MINERALOGICAS Y TEXTURALES		
	-5%	5 A 25 %	25 A 50 %	50 A 75 %	MÁS DE 75 %			

C) ORIGEN O YACIMIENTO: IGNEO INTRUSIVO

D) CLASIFICACION: GRANODIORITA DE HORNBLENDA-BIOTITA

E) OBSERVACIONES GENERALES:



Laboratorio de Recursos Minerales
CENTRO EXPERIMENTAL TECAMACHALCO

CD. DE SIERRA SANTA ROSA No. 4
CD. LOMAS DE CHAMPULTEPEC MEXICO S.P.
C.P. 71000 TEL. 225-24-11 FAX. 245-00-83

No. 720/97

FACTURA No. _____ ORDEN No. 720/97
REMITENTE ING. JESUS CASTRO MORA OFICINA REGIONAL OAXACA
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA APOYO AL DISTRITO MINERO ZIMAPAN
FECHA DE ENTRADA NOVIEMBRE 24, 1997 FECHA DE SALIDA DICIEMBRE 9, 1997

ANALISIS CUALITATIVO POR DIFRACCION DE RAYOS X.

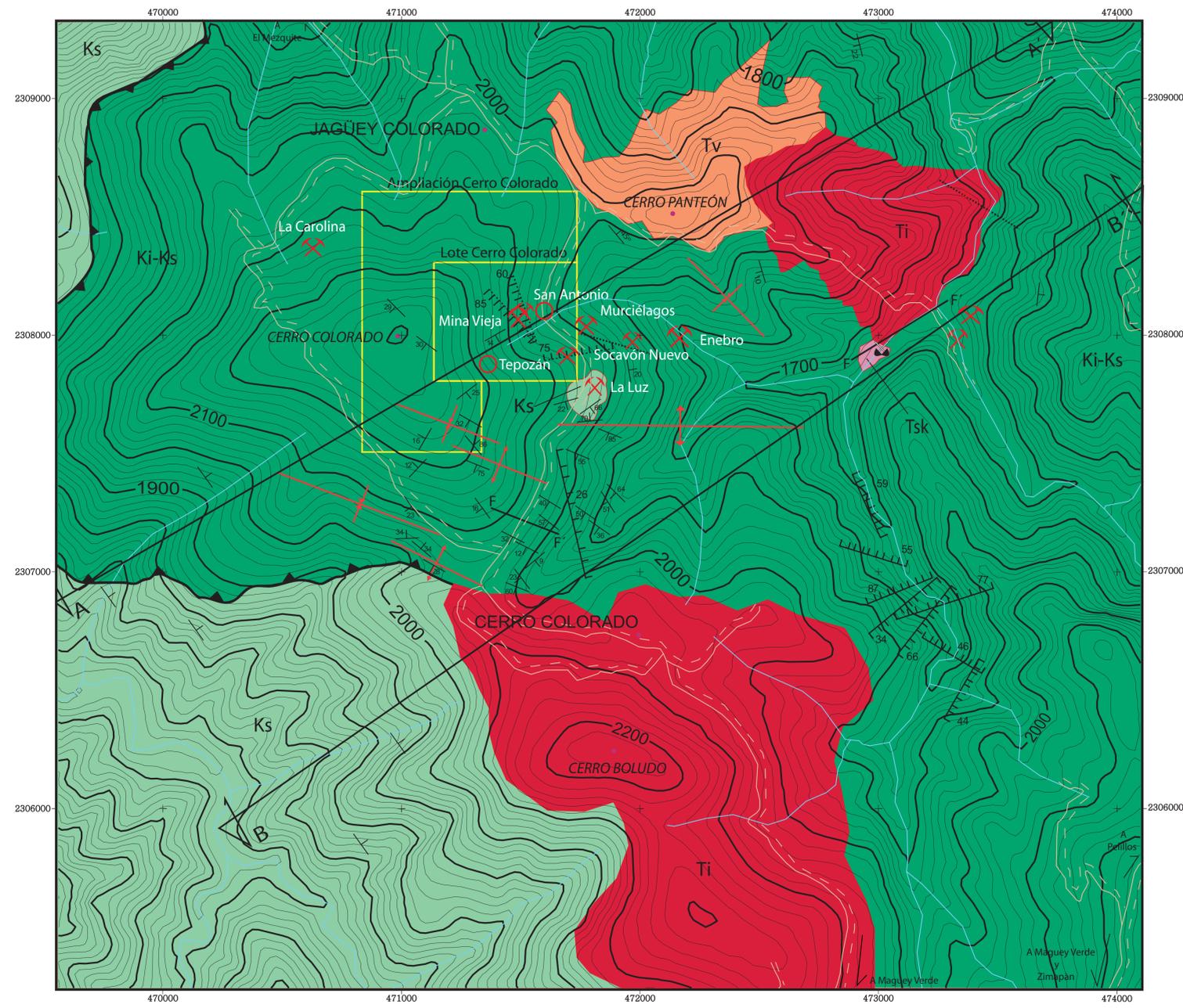
LAS ESPECIES MINERALES IDENTIFICADAS EN LOS DIFRACTOGRAMAS OBTENIDOS SE ANOTAN A CONTINUACION, EN ORDEN DECRECIENTE DE ACUERDO A SU GRADO DE CRISTALIZACION.

No. DE MUESTRA	ESPECIES MINERALES IDENTIFICADAS
7927 CC-18	CUARZO, CALCITA, MICA, HEMATITA (C)
7928 CC-85	CALCITA, CUARZO, MONTMORILLONITA, VATERITA, CAOLINITA, FELDSPATOS, HEMATITA (C)
7929 CC-85	CUARZO, FELDSPATOS, CAOLINITA, CALCITA, HEMATITA (C)
7930 CC-85	CALCITA, CUARZO, FELDSPATOS, MONTMORILLONITA, CAOLINITA, VATERITA, HEMATITA (C)

ESTUDIO REALIZADO POR: Q. I. GLORIA AYALA ROJAS.

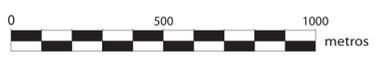

ING. MA. DE LA LUZ RIVAS SANCHEZ
JEFE DEPTO. CARACTERIZACION DE MATERIALES


ING. ROLANDO NIETO GUTIERREZ
JEFE CENTRO EXPERIMENTAL

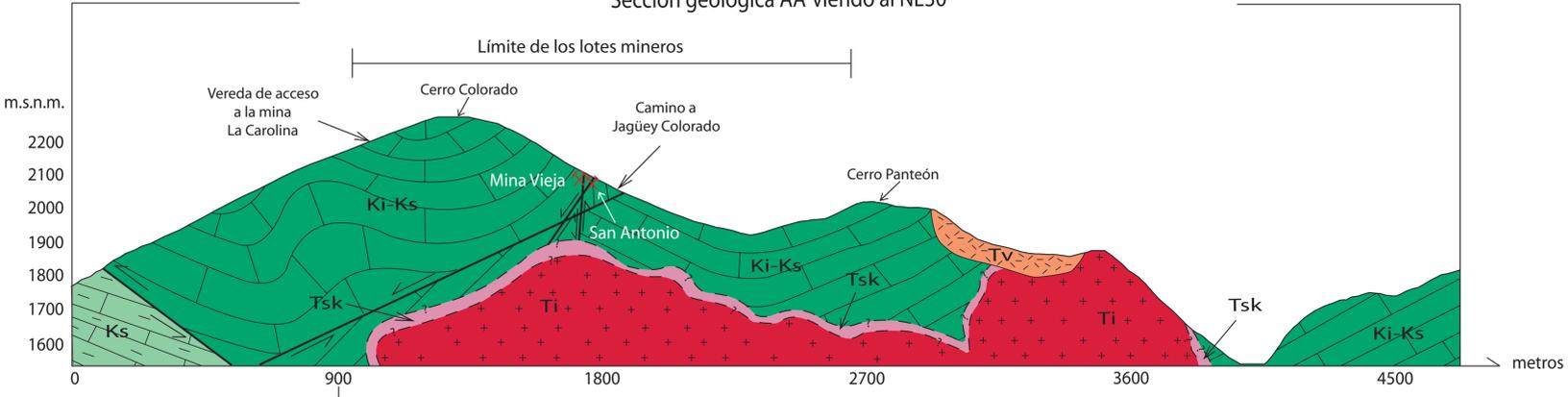


EXPLICACIÓN

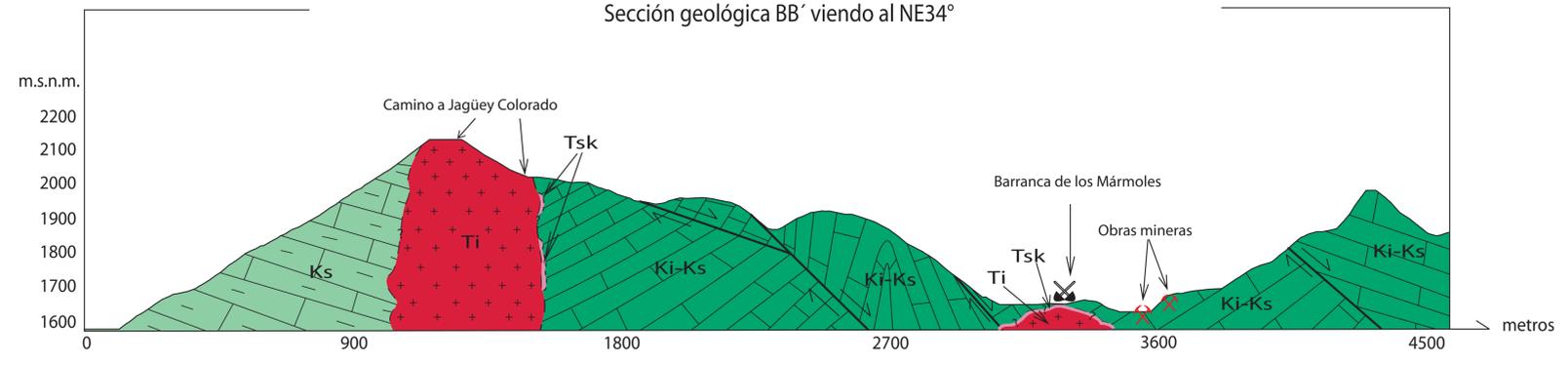
- Tsv Secuencia de andesita y riolita (Fm. Las Espinas)
- Tsk Skarn de granate cálcico
- Ti Intrusivo granodiorítico
- Ks Secuencia de intercalación de caliza y lutita con caliza arcillosa (Fm. Soyatal)
- Ki Caliza de estratificación mediana a gruesa con bandas y nódulos de pedernal (Fm. El Doctor)
- Falla normal
- Falla normal de interior mina
- Falla inversa (Cabalgadura Jiliapan)
- Falla inferida
- Rumbo e inclinación de estrato
- Rumbo e inclinación fotogeológico
- Contacto litológico
- Contacto litológico inferido
- Anticlinal
- Sinclinal
- Línea de sección
- Obras mineras
- Banco de explotación
- Poblados
- Lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado
- Terracería
- Curvas de nivel primarias
- Curvas de nivel secundarias
- Corriente intermitente
- Barrenos



Sección geológica AA' viendo al NE30°



Sección geológica BB' viendo al NE34°



Escala 1:10000

Base topográfica tomada del conjunto de datos vectoriales INEGI-F14C59. Proyección UTM. Datum horizontal WGS84. Geología levantada con apoyo de un dispositivo de posicionamiento satelital (GPS).

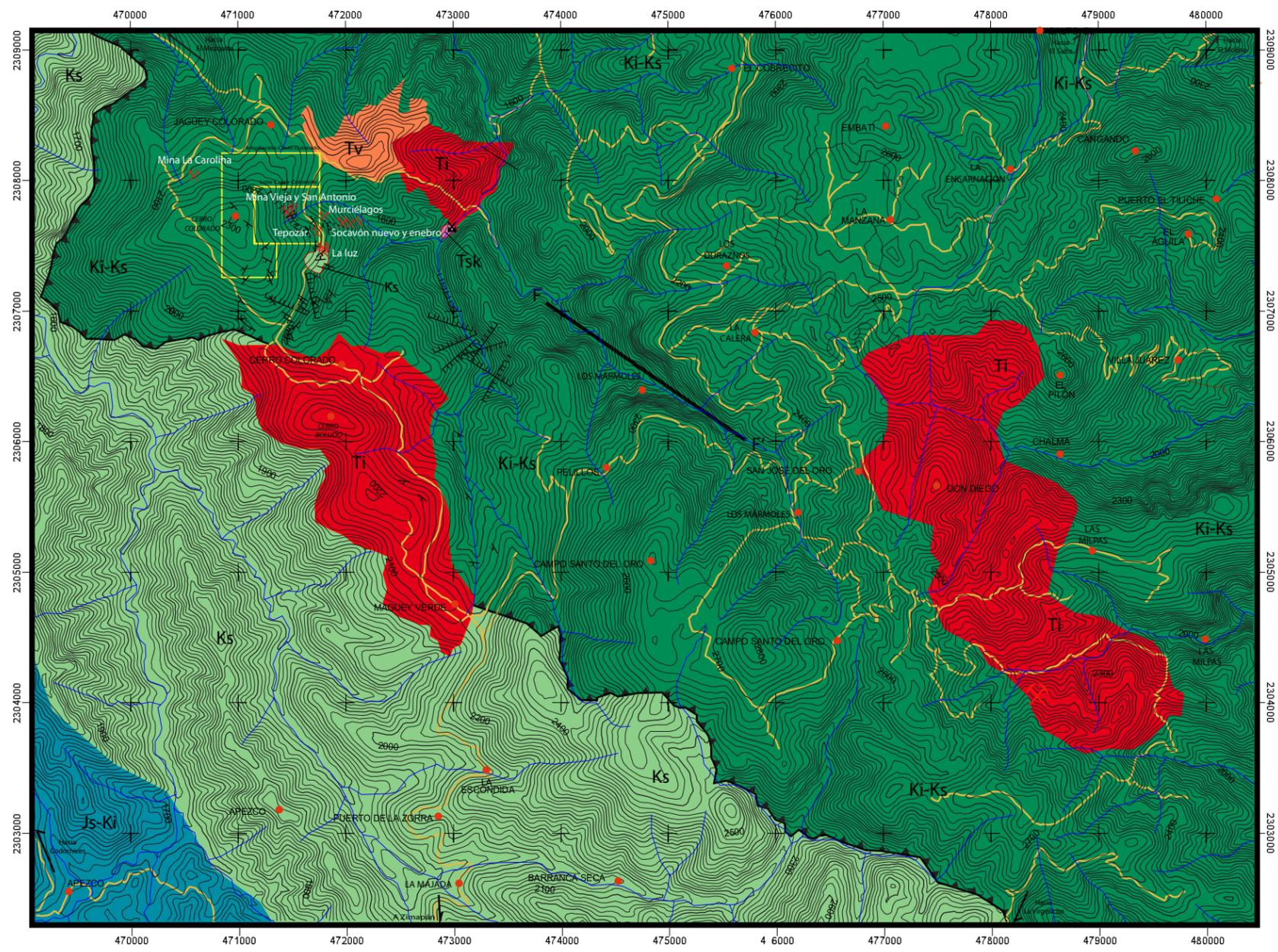
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO GEOLÓGICO ECÓNOMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

TESIS PROFESIONAL
MARTÍNEZ FLORES ERIC FRANCISCO
ORTEGA GAMBOA VALENTÍN

MAPA GEOLÓGICO A SEMIDETALLE Y SECCIONES GEOLÓGICAS DEL LOTE CERRO COLORADO Y AMPLIACIÓN CERRO COLORADO

CD. UNIVERSITARIA, ABRIL 2009



EXPLICACIÓN

- Tsv Fm. Las Espinas
- Tsk Skarn
- Ti Intrusivo
- Ks Fm. Soyatal
- Ki-Ks Fm. Doctor
- Js-Ki Fm. Las Trancas
- Falla normal
- Falla normal de interior mina
- Falla inversa (Cabalgadura Jiliapan)
- Rumbo e inclinación de estrato
- Contacto litológico
- F — F' Falla o fractura inferida
- Obra minera
- Banco en explotación
- Poblados
- Lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado
- Curvas de nivel primarias
- Curvas de nivel secundarias
- Corriente intermitente
- Vías terrestres

Escala 1:50000

Base topográfica tomada del conjunto de datos vectoriales INEGI-F14C59 proyección UTM. Datum horizontal WGS84

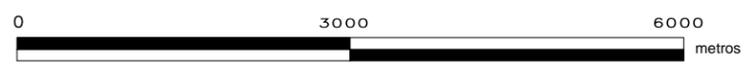
Geología levantada con apoyo de dispositivo de posicionamiento satelital (GPS)

Diagrama de correlación

Eratema	Sistema	Serie	Ambiente			
			Sedimentario	Volcanico	Intrusivo	Metamorfico
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno				
		Pleistoceno				
	Terciario	Plioceno				
		Mioceno				
		Oligoceno				
		Eoceno				
Paleoceno						
Mesozoico	Cretácico	Superior				
		Inferior				
	Jurásico	Superior				
		Medio				
		Inferior				

Tv
Ti

Ks
Ki-Ks
Js-Ki



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	TESIS PROFESIONAL MARTÍNEZ FLORES ERIC FRANCISCO ORTEGA GAMBOA VALENTÍN
ESTUDIO GEOLÓGICO ECÓNOMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DEL ÁREA CERRO COLORADO Y AMPLIACIÓN CERRO COLORADO CD. UNIVERSITARIA, ABRIL 2009

BIBLIOGRAFÍA

Cantagrel, J.M., y Robin, Claude, 1979, Kr-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks; relations between the andesitic and the alkaline provinces: Jour. Vulcanology and Geothermal Res., v. 5, p. 99-114.

Carrillo-Bravo, José, 1971, La Plataforma de Valles-San Luis Potosí: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v.23, p. 1-102.

Carrillo-Martínez, Miguel, 1998, Resumen de la Geología de la hoja Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, carta geológica de México, Serie de 1: 100,000, hoja Zimapán 14Q-e(7), p. 6 – 12.

Carrillo-Martínez, Miguel; Suter, C.Max., 1991, Región de Zimapán, Hidalgo, observación de un ejemplo de la tectónica de la Sierra Madre Oriental: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigación de Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Mineralogía; Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Convención sobre la evolución geológica de México y Congreso Mexicano de Mineralogía, 1, Pachuca, Hgo., México, Excursión geológica, 22 – 41 p.

Castro-Mora, J., 1998, Estudio Geológico Minero Evaluativo del lote “Cerro Colorado”, municipio de Zimapán, estado de Hidalgo. Distrito minero Zimapán: Consejo de Recursos Minerales, Subdirección de Proyectos y Servicios, Gerencia de Apoyo Geológico, Oficina Regional Puebla; Convenio FIFOMI-CEREMI “Apoyo al Programa de Reactivación y Consolidación de Distritos Mineros”., pp. 43.

Castro-Mora, J., 2008, (New project for exploration, port folio executive report, newstrike capital, inc. administration)

Damon, P.E., 1979, Evolución de los arcos magmáticos cretácicos y cenozoicos de México y su relación con la metalogénesis: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposium Evolución Tectónica de México, resúmenes, p. 14-15 (resumen).

Enos, Paul, 1974, Reefs, platforms and basin of middle Cretaceous in northeast Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v.58, p. 800-809.

Eguiluz de A., S., 1989b, La Formación Carbonera y sus implicaciones tectónicas, Estados de Coahuila y Nuevo León: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo L, nos. 1 y 2, p. 3-39

Eguiluz de A., S.; Aranda-García, M.; Marrett, Randall, 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, A.C., v. LIII, p. 1-26.

Langenscheidt, Adolphus, 1987, Apuntes para la historia de la Metalurgia en Zimapán. p. 1- 7

McKee, J. W.; Jones, N. W. y Long, L.E., 1990, Stratigraphy and provenance of strata along the Marcos fault. Central Coahuila, México: Geological Society of American Bulletin, v. 102, p. 593-614.

Morán-Zenteno, 1984, Geología de la República Mexicana, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - Facultad de Ingeniería (UNAM), México D.F.

Ortega-Gutiérrez, F. et al, 1992, Carta Geológica de la República Mexicana, Consejo de Recursos Minerales y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, escala 1:2000000, 5ª edición, Texto explicativo, pp.74

Ordóñez Cortes, J.E., 1986, Minas Mexicanas, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, sección México, p. 125-142.

Restovic-Pérez, Igor, 1973, Estudio geológico minero del área de Encarnación, Mpio. de Zimapán, Estado de Hidalgo: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis de licenciatura, 58 p., (inédita).

Segerstrom, Kenneth, 1961, Geología del suroeste del estado de Hidalgo y del noroeste del Estado de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v.13,núm. 3-4, p. 147 – 168.

Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera San Nicolás F14-C59, Hidalgo, 2001, Secretaría de Economía, Escala 1:50,000
---- 1962, Geology of south-central Hidalgo and north-eastern México, Mexico: U.S. Geol. Survey, Bull. 1104-C, p. 87-162.

Simons, F.S., y Mapes-V., Eduardo, 1956, Geology and ore deposits of the Zimapán mining district, State of Hidalgo, Mexico: U.S. Geological Survey Professional Paper 284, 128 p. Publicado también en español como Boletín 40 (1957) del Instituto Nacional de Investigación de Recursos Minerales (México).

Southworth, J.R., 1905, Las Minas de México (Edición Ilustrada), Historia, Geología, Antigua Minería y Descripción General de los Estados Mineros de la República Mexicana. En español e inglés. Tomo IX, p. 125 - 131

Suppe, John, y Namson, Jay, 1979, Fault-bend origin of frontal folds of the western Taiwan Fold-and-thrust belt: Petroleum Geol. Taiwan, v. 16, p. 1-18.

Suter, Max, 1982a, Itinerario Zimapán-Jiliapan: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 6, México, D.F., Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán y áreas circundantes, estados de Hidalgo y Querétaro, p. 43-51.

---- 1982b, Itinerario Puerto de la Estancia-Jagüey Colorado-Zimapán: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 6, México,

D.F., Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán y áreas circundantes, estados de Hidalgo y Querétaro, p. 43-51.

Wilson, B.W.; Hernández-M., J.P.; Meave, T.E., 1955, Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del estado de Querétaro: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 18, p. 1- 10.

Yta, M.; Moreno – Tovar, R., 1997, La mineralización en los distritos mineros Pachuca-Real del Monte y Zimapán- su papel en la evolución metalogénica del Estado de Hidalgo, México: Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma del Estado de hidalgo e Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, Pachuca, Hgo., Libro-guían de las excursiones geológicas, Excursión 3, p. 73 – 87.

Ligas de Internet:

<http://es.wikipedia.org>

www.inegi.gob.mx

www.kitco.com/charts/

www.kitkometals.com/charts/copper_historical.html

www.kitkometals.com/charts/lead_historical.html

www.kitkometals.com/charts/zinc_historical.html

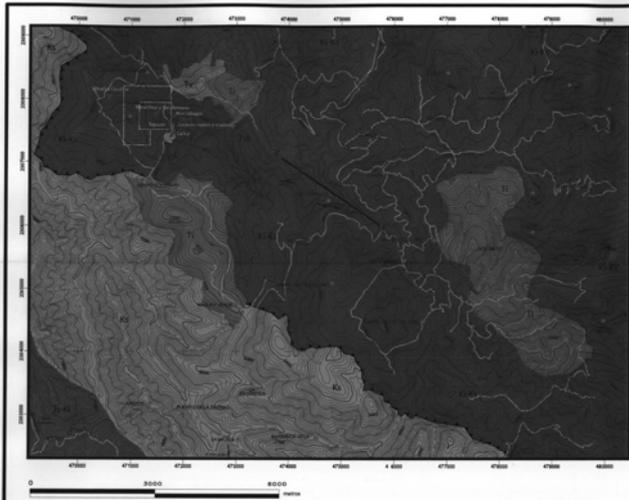
<http://www.mapa-mexico.com.mx/hidalgo.html>

www.zimapán.gob.mx

www.zimapan.gob.mx/resources/LocalContent/17406/1/PLAN%20MUNICIPAL%202006-2009.pdf

www.zimapán.gob.mx/wb2/municipios/13084_actividadEconomica

www.zimapan.gob.mx/wb2/municipios/13084_datos_geograficos



EXPLICACIÓN

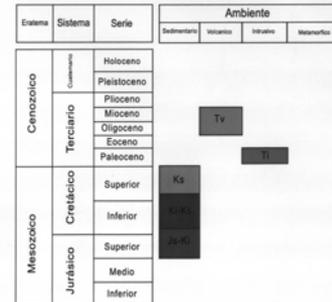
- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|
| | Fm. Las Espinas | | Contacto litológico |
| | Skam | | Falla o fractura inferida |
| | Intrusivo | | Obra minera |
| | Fm. Soyatal | | Banco en explotación |
| | Fm. Doctor | | Poblados |
| | Fm. Las Trancas | | Lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado |
| | Falla normal | | Curvas de nivel primarias |
| | Falla normal de interior mina | | Curvas de nivel secundarias |
| | Falla inversa (Cabalgadura Jilapan) | | Corriente intermitente |
| | Rumbo e inclinación de estrato | | Vías terrestres |

Escala 1:50000

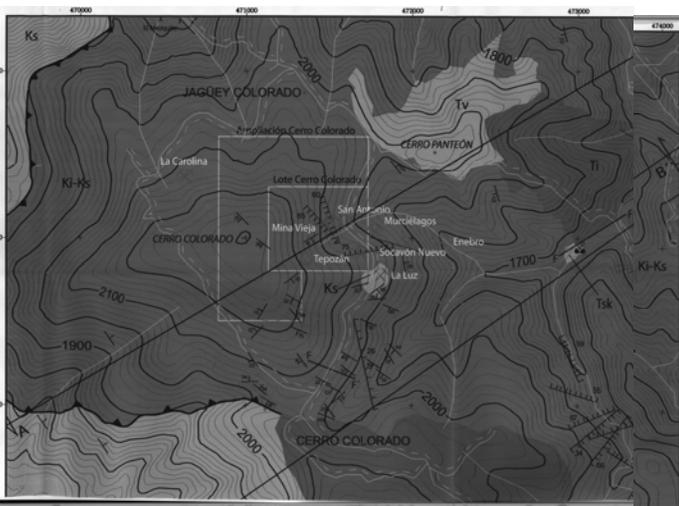
Base topográfica tomada del conjunto de datos vectoriales INEGI-F14C59
proyección UTM, Datum horizontal WGS84

Geología levantada con apoyo de dispositivo de posicionamiento satelital (GPS)

Diagrama de correlación

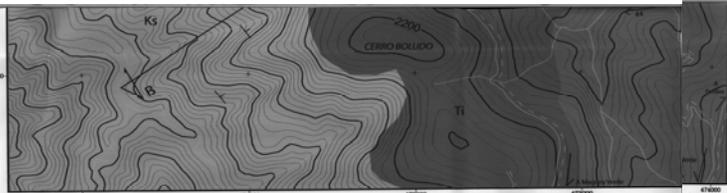


<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA</p>	<p>TESIS PROFESIONAL MARTÍNEZ FLORES ERIC FRANCISCO ORTEGA GAMBOA VALENTÍN</p>
	<p>ESTUDIO GEOLÓGICO ECONÓMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>

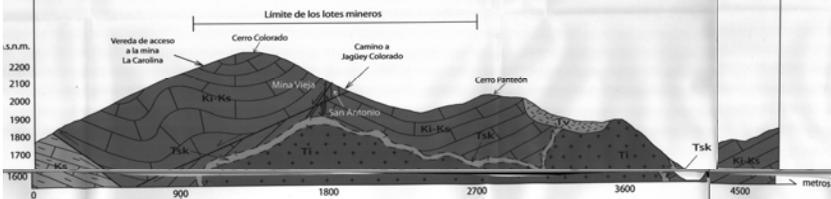


EXPLICACIÓN

- Tsv Secuencia de andesita y riolita (Fm. Las Espinas)
- Tsk Skarn de granate cálcico
- Ti Intrusivo graniodiorítico
- Ks Secuencia de intercalación de caliza y lutita con caliza arcillosa (Fm. Soyatal)
- Ki Caliza de estratificación mediana a gruesa con bandas y nódulos de pedernal (Fm. El Doctor)
- Falla normal
- Falla normal de interior mina
- Falla inversa (Cabalgadura Jiliapan)
- Falla inferida
- Rumbo e inclinación de estrato
- Rumbo e inclinación fotogeológico
- Contacto litológico



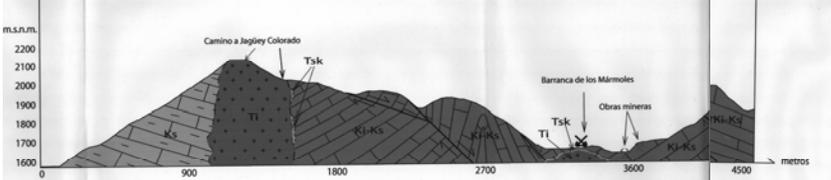
Sección geológica AA' viendo al NE30°



- Contacto litológico inferido
- Anticlinal
- Sinclinal
- Línea de sección
- Obras mineras
- Banco de explotación
- Poblados
- Lote Cerro Colorado y Ampliación Cerro Colorado
- Terracería
- Curvas de nivel primarias
- Curvas de nivel secundarias
- Corriente intermitente
- Barrenos

Escala 1:10000

Sección geológica BB' viendo al NE34°



Base topográfica tomada del conjunto de datos vectoriales INEGI 14C39. Proyección UTM, Datum horizontal WGS84. Geología levantada con apoyo de un dispositivo de posicionamiento satelital (GPS).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO GEOLÓGICO ECONÓMICO DEL ÁREA CERRO COLORADO, MUNICIPIO DE ZIMAPÁN, ESTADO DE HIDALGO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

T E S I S P R O F E S I O N A L
MARTÍNEZ FLORES ERIC FRANCISCO
ORTEGA GAMBOA VALENTÍN

MAPA GEOLÓGICO A SEMIDETALLE Y SECCIONES GEOLÓGICAS DEL LOTE CERRO COLORADO Y AMPLIACIÓN CERRO COLORADO

C.D. UNIVERSITARIA, ABRIL, 2009

7