



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**CARTA GEOLÓGICO-MINERA Y
GEOQUÍMICA LAGOS DE MORENO
F14-C31**

TESIS PROFESIONAL
Para obtener el título de
INGENIERO GEÓLOGO
Presentada por:
JOSÉ MANUEL GARCÍA RUIZ



México, D.F.

2009



FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-1405

SR. JOSÉ MANUEL GARCÍA RUIZ
Presente

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

CARTA GEOLÓGICO-MINERA Y GEOQUÍMICA LAGOS DE MORENO F14-C31

RESUMEN
I INTRODUCCIÓN
II GEOGRAFÍA
III GEOLOGÍA
IV YACIMIENTOS MINERALES
V MODELO DE YACIMIENTOS MINERALES
VI GEOQUÍMICA
VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
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 7 de noviembre de 2007
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZÁLO GUERRERO ZEPEDA

RJPYS*tjh

Agradecimientos

Por este conducto agradezco a las autoridades del Consejo de Recursos Minerales (hoy Servicio Geológico Mexicano) por las facilidades otorgadas para utilizar la presente información como tema de tesis.

Un sincero agradecimiento al ingeniero Miguel Vera O. por su paciencia y comprensión que manifestó durante la dirección del trabajo. A los Ings. Germán Arriaga G., Carlos E. Garza G. V. y Juan J. Medina por la ayuda otorgada de manera comprensiva y cordial para el buen desarrollo de esta tesis.

Un especial agradecimiento al Ing. Carlos F. Yáñez M., Dr. Daniel Colorado L. e Ing. Juan J. Canizal S. por su apoyo, confianza e impulso que fueron determinantes en este trabajo; de igual manera a los Ings. Hector Alvarado M., Rafael Vázquez T. cuyos trabajos de geología y geoquímica fueron también considerados ampliamente.

A todos ellos muchas gracias.

El presente trabajo, es una sencilla manera de rendir homenaje a todas las personas amadas que cruzaron en mi vida y echaron raíces profundas en mi corazón; muchas de esas gentes irreparablemente ya se adelantaron en ese eterno misterio de la vida... a su vez llegaron otras y consigo un mundo de alegría y felicidad.

A mis padres:

José García G

Victoria Ruiz M.

A mis tías también ausentes:

Ignacia García G.

Carmen García G.

Soledad García G.

Ma. Concepción García G.

A mi ejemplar compañera

Liliam Ruiz M.

A mis orgullos:

Bibiana Liliam García R.

Oscar García R.

Con quienes tengo un “pendientillo” y les recuerdo ¡que nunca es tarde!.

Dicen “ que quien no realiza sus sueños de juventud, no llega a viejo feliz” y claro, yo quiero ser un viejo feliz. ¡aunque ya no falte tanto!

A mis amados nietos:

Oscar

José Francisco

Ariana

Erik

A mis queridos hermanos:

Arturo

Ernesto

Victoria

Ma. Concepción

Ma. Elena

Estela

A todos ellos por sus impulsos vitales tan necesarios en la culminación de los objetivos, metas y sueños, mi agradecimiento por siempre.

I N D I C E

	Pág.
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. METODO DE TRABAJO	5
1.4. CRITERIOS CARTOGRÁFICOS	6
II. GEOGRAFÍA	6
II.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA	6
II.2. ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN	7
II.3. CLIMA Y VEGETACIÓN	7
II.4. FISIOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA	7
III. GEOLOGÍA	9
III.1. MARCO GEOLÓGICO	9
III.2. ESTRATIGRAFÍA	10
III.2.1. Terreno Guerrero (Arco Guanajuato)	10
<i>Formación Esperanza (Kapa Ms-Mv)</i>	10
<i>Caliza La Perlita (Ka Cz-Lu)</i>	13
III.2.2. Cubierta Cenozoica	13
<i>Formación Guanajuato (Teo Cgp)</i>	13
<i>Conglomerado Polimíctico-Arenisca (To Cgp-Ar)</i>	15
<i>Andesita El Gigante-Bernalejo (To A)</i>	16
<i>Ignimbrita Cuatralba (To TR-Ig)</i>	17
<i>Basalto Dos Aguas (Tm B)</i>	18
<i>Basalto (Qpt B)</i>	18
<i>Aluvión (Q al)</i>	19
III.2.3. Rocas Intrusivas	19
<i>Granito Arperos-Comanja (Tpae Gr)</i>	19
III.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	21
III.3.1. Imágenes de satélite	21
III.3.2. Descripción de estructuras	22
<i>Horst de Guanajuato</i>	22
<i>Fosa tectónica de Lagos de Moreno</i>	22
III.3.3. Interpretación del origen de las estructuras	23
III.4. TECTÓNICA	24
IV. YACIMIENTOS MINERALES	28

IV.1. METALICOS	28
IV.1.1. Introducción	28
IV.1.2. Antecedentes	28
IV.1.3. Infraestructura minera	29
IV.1.4. Minas en explotación	29
IV.2. DISTRITO MINERO COMANJA	29
<i>Mina El Horcón (Veta Diamantillo)</i>	30
<i>Veta El Orito</i>	32
<i>Veta Melcocha</i>	32
<i>Veta Villegas</i>	32
<i>Veta Lechuguillas</i>	32
<i>Veta El Relumbrón</i>	32
<i>Veta El Cobre</i>	32
<i>Veta La Paz de México</i>	32
<i>Veta Esmeralda</i>	32
<i>Veta La Reyna</i>	32
<i>Veta Santa Teresa</i>	32
<i>Veta Almandina</i>	33
<i>SanMateo, Bartolina, Guardarraya, Tres Estrellas</i>	33
<i>Santa Bárbara, El Puerto, El Recodo</i>	33
IV.3. ZONA MINERALIZADA DE LA CAMPECHANA (PORCIÓN NW)	33
<i>Veta La campechana</i>	33
IV.4. ZONA MINERALIZADA EL ROBLE LAS PEÑITAS	34
<i>Veta El Roble</i>	35
<i>Estructura La Gloria</i>	35
<i>Estructura Camino Real</i>	35
<i>Veta Las Peñitas</i>	35
IV.5. ZONA MINERALIZADA EL CUARENTA-EL ESCORPIÓN	35
IV.6. NO METÁLICOS	36
V. MODELO DE YACIMIENTOS	38
V.1 INTRODUCCIÓN	38
V.2 MODELO DE YACIMIENTOS	38
VI. GEOQUÍMICA	42
VI.1 INTRODUCCIÓN	42
VI.2 ESTUDIO DE ORIENTACIÓN	42
VI.3 MUESTREO	42
VI.4 ANÁLISIS	43
VI.5 INTERPRETACIÓN	43
VI.6 ANOMALIAS	45
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
VII.1. CONCLUSIONES	47
VII.2. RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49

LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y PLANOS

Figura Núm.	Título	Página
1	Plano de trabajos consultados	4
2	Plano de localización	7
3	Provincias fisiográficas	8
4	Mapa geológico	9
5	Columna estratigráfica	11
6	Clasificación normativa y evolución magmática del granito de Comanja	20
7	Interpretación de imagen de satélite	22
8	Interpretación de imagen de satélite	23
9	Plano tectónico del arco magmático continental	26
10	Plano tectónico del arco magmático continental	26
11	Plano tectónico del arco magmático continental	27
12	Plano de yacimientos minerales	28
13	Distrito minero Comanja	30
14	Zona mineralizada La Campechana (porción NW)	33
15	Zona mineralizada El Roble-Las Peñitas	34
16	Zona mineralizada El Cuarenta-El Escorpión	36
17	Tectónica de placas y ambientes de formación de depósitos	38
18	Modelo esquemático generalizado de la formación de sistemas epitermales y sistemas relacionados	40
19	Diagrama de bloques mostrando el fallamiento en bloques que controla el zoneamiento mineralógico, en el área El Orito Comanja de Corona, mpio de Lagos de Moreno, Jal.	41
20	Plano de muestreo geoquímico	42
21	Mapa geoquímico de conjunto de anomalías	46
Tabla Núm.	Título	Página
Tabla 1	Diagrama de paragénesis, sucesión y distribución del área El Orito Comanja, municipio de Lagos de Moreno, Jal.	31
Tabla 2	Técnica Química	43
Tabla 3	Matriz de correlación	44
Tabla 4	Elementos que mejor asociación mostraron	43
Tabla 5	Análisis estadístico de los elementos indicadores	45
Plano Núm	Título	
Plano1	Plano geológico Carta Lagos de Moreno, Esc 1:50 000	

CARTA GEOLOGICO-MINERA LAGOS DE MORENO F14-C31 ESCALA 1: 50,000

José Manuel García Ruiz

RESUMEN

La carta se ubica en el centro de la República Mexicana, con una superficie aproximada de 960 km² de los cuales la mayor parte se distribuye en el estado de Jalisco y una mínima parte de la porción norponiente del estado de Guanajuato; comprende los municipios de Lagos de Moreno, Jal. y León, Gto.

La unidad estratigráfica más antigua es la secuencia volcanosedimentaria; Echegoyen S. J. (1970) la denominó de manera informal Formación Esperanza, y consiste de lutitas, areniscas, calizas micríticas y pedernal negro con sus equivalentes metamórficos; aflora a lo largo de la sierra de León-Guanajuato. Se le estima un espesor superior a los 700 m (Dávila y Martínez, 1987) con base en los radiolarios contenidos en los pedernales que afloran cerca de Arperos, se define una edad Valanginiano-Turoniano; Corona (1988), con base en fósiles de los niveles inferiores de las calizas revelan una edad Tithoniano-Hauteriviano perteneciente al Jurásico Superior- Cretácico Inferior.

Estudios posteriores (Monod O., et al., 1991) establecen más concretamente las relaciones estratigráficas y le asignan una edad más precisa del Neocomiano-Aptiano, pero puede ser más antigua.

A la unidad anterior, sobreyace discordantemente la caliza La Perlita; que consta hacia la base de caliza masiva y hacia la cima de una secuencia calcáreo-arcillosa con horizontes de lutita limolítica, con afloramientos restringidos que se localizan al norte de Comanja de Corona y otro cercano a la ranchería de La Perlita. Con base en estudios de macro y microfósiles se le asignó una edad Albiano (Chiodi M. et al, 1988; Quintero L. O., 1989).

A principios del Terciario se depositó la Formación Guanajuato, aflora en la porción centro y nororiente, estudiada por: Monroy (1888), Botsford (1909), Villarelo-Torres (1906), Wandke y Martínez (1928), Guiza (1949) y Edwards (1956); constituida por fragmentos de riolita, lutita, andesita, granito, diorita, calizas, cuarzo en matriz arenosa cementada por óxidos de hierro. Edwards (1958), le estimó un espesor de 1 500m; con edad del Eoceno al Oligoceno Inferior.

Al inicio del Eoceno tiene lugar el emplazamiento del Granito Comanja que presenta una evolución magmática: sienita alcalina- granito alcalino-granito hipercuarzoso, con afinidad calcoalcalina y enclaves de tendencia alcalina (Chiodi, 1986), que afecta a la secuencia mesozoica y a la Formación Guanajuato, y a su vez, es intrusionado por diques aplíticos, dacíticos y pegmatíticos; se relaciona con eventos de turmalinización y sílice alojada en vetas, fracturas, en forma diseminada y en rosetas; la edad isotópica fue determinada por Mújica M. Y Albarrán (1983) en 55 ± 3 y 51 ± 1 Ma.

La unidad anterior está cubierta por la andesita El Gigante-Bernalejo; (Martínez y Quintero, 1992). Consta de lavas masivas que afloran en las inmediaciones de la ranchería de Bernalejo, al sur de Rancho Seco y oriente de Mesa Cuevas. Tentativamente se ubica en el Oligoceno medio.

Como consecuencia de la distensión durante el Oligoceno Superior se desarrollan depósitos continentales de relleno de fosa, que constituyen la unidad Grava Los Lozano ampliamente distribuida a lo largo de la depresión de lagos de Moreno, que consiste de conglomerados polimícticos con fragmentos de rocas sedimentarias, graníticas y volcánicas, cubiertos indistintamente en discordancia por la Ignimbrita Cuatralba también de edad Oligoceno que representa el evento volcánico más ampliamente distribuido en la región y de mayor espesor, constituido por emisiones de riolita, ignimbritas riolíticas, andesitas y flujos piroclásticos.

A la unidad anterior, sobreyace discordantemente el Basalto Dos Aguas de edad Mioceno Tardío, (Martínez R., 1987).

El último evento volcánico registrado en la carta es durante el Pleistoceno que se manifiesta como basaltos con variaciones a andesitas.

El cuaternario está representado por sedimentos de acarreo depositados en los valles y constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas sin consolidar.

Los lineamientos principales están relacionados a esfuerzos de distensión que generaron un fallamiento regional y provocaron la formación de pilares y fosas tectónicas. La morfo estructura de mayor dimensión corresponde a la fosa tectónica de Lagos de Moreno, ocupa la porción central de la carta con orientación de rumbo NE 40°-50° SW y se extiende por más de 35 km de longitud con ancho promedio de 15 Km, limita en la parte septentrional a la sierra de León-Guanajuato. Los lineamientos con orientación noroeste-sureste, están relacionados con la zona mineralizada de la región de Comanja de Corona; la falla de El Bajío es el megalineamiento que delimita la porción surponiente de la sierra de León-Guanajuato y desaparece al norponiente al ser truncada por la depresión de Lagos de Moreno. Los curvilineamientos de mayor dimensión que varían de 1 km a 8 Km de diámetro; el curvilineamiento mayor corresponde a la expresión del Granito Arperos-Comanja relacionada con los yacimientos minerales de la región.

Las rocas metamórficas mesozoicas, presentan una deformación con superficies de foliación NW 30°-80° SE é inclinación NW y SE; Los esfuerzos de compresión que afectaron la secuencia mesozoica, generaron superficies de esquistosidad y estructuras de pliegues, cizallas y cabalgaduras, al parecer estos tuvieron una dirección SSW a NNE, se piensa que esta deformación se desarrolló antes del depósito de las rocas volcánicas, es decir, durante el Cretácico Superior-Terciario Inferior.

Posteriormente, durante el Cenozoico, se desarrolló una fase de deformación distensiva que genera un fallamiento normal y produce fosas y pilares tectónicos con orientación noroeste-sureste como el Horts de la sierra de Guanajuato; en el área sólo se aprecia la parte donde es truncada en su porción norponiente por la fosa tectónica de Lagos de Moreno que se extiende con dirección nororiente-surponiente.

El emplazamiento de la mayoría de los depósitos minerales de la zona se desarrolló bajo un ambiente de arco magmático.

Las estructuras mineralizadas de la región son vetas tabulares irregulares, emplazadas a lo largo de fallas y fracturas que adelgazan y engrosan a rumbo y profundidad; comúnmente se ramalean formando vetillas delgadas. Las vetas de mayor interés económico tienen un rumbo NW 30°-70° SE con inclinaciones de 40° a 85° al SW; otras se emplazan con rumbo NE 40°-60° SW inclinadas 45°-60° al SE; su ocurrencia es en el granito donde son más abundantes y de mayor espesor y en la secuencia volcanosedimentaria.

El distrito de Comanja está constituido por yacimientos vetiformes de oro, plata, plomo, zinc y cobre en sulfuros y óxidos; las vetas de mayor interés son: El Diamantillo, La Melcocha, El Orito, Los Robles, Corindón, Topacio, Lechuguillas, Villegas, El Cobre y El Relumbrón entre otras, conformadas en un sistema norponiente-suroriente e inclinación al surponiente. Con orientación noreste-suroeste e inclinación al sureste, se tienen las vetas Esmeralda y Reyna, encajonadas principalmente en el Granito Comanja y en menor proporción en la secuencia volcanosedimentaria.

Yta M. et al (1986), en el distrito de Comanja, determinaron tres eventos de mineralización:

El primero neumatolítico, el segundo hidrotermal con cuatro etapas hipogénicas y una supergénica, y un tercero, no económico. Las etapas I y II del evento hidrotermal son las más importantes ya que es donde se depositaron los minerales auro-argentíferos, tierras raras y los metales base. Se reconoce una etapa supergénica caracterizada por la alteración de la calcopirita a covelita y neodigenita; la hematita y limonita reemplazan a la pirita y posiblemente a la especularita.

Los valores altos de oro (10.7 g/t), en la zona de oxidación de la estructura El Orito parece corroborar que su ocurrencia, es en fase de adsorción con la especularita, y debido a la lixiviación éste pudo ser removilizado para formar oro nativo.

En la zona de La Campechana (porción NW de la carta), la mineralización se presenta en forma de vetas encajonadas en la secuencia volcanosedimentaria, granito y volcánicas con contenido de minerales de zinc, plomo, cobre, oro y plata. La estructura principal presenta rumbo NW 80° SE a E-W con inclinación de 35° a 60° al S-SW, aflorando en una longitud de 8 Km con espesores locales de 5 m extendiéndose más al suroriente fuera de la carta para un total de 25 Km.

En la zona de El Roble – Las Peñitas, la estructura principal es una veta con rumbo NW 75° SE con 75° SW, se flexiona con rumbo NE 80° SW e inclinación de 55° al SE; el espesor varía de 0.20 m a 1.10 m el muestreo realizado en el respaldo de la estructura registra valores de 1 g/t a 57 g/t de Ag y 0.01 % a 0.45 % de Cu, hasta 245 g/t de Ag y 1.14 % de Cu.

En las vetas de Las Peñitas y La Gloria se obtuvieron valores de 23% y 18% de Mn respectivamente.

En la zona de El Cuarenta – El Escorpión en la parte nororiente de la carta, existe estaño con casiterita como mineral de mena, alojado en vetillas, diseminado y de concentración mecánica: dentro de la secuencia volcánica-riolítica; se obtuvieron valores que varían de trazas a 2.70% de Sn.

En lo que respecta a los No Metálicos, cerca de Comanja de Corona, existen bancos de caliza que se trabajan a pequeña escala para la obtención de cal.

Al sureste de Jaramillo de Arriba, existen importantes horizontes de perlita dentro de la secuencia volcánica. En la zona de El Cuarenta – El Escorpión se presentan yacimientos de caolín y perlita contenidos en tobas riolíticas.

La unidad basáltica localizada en las inmediaciones de Lagos de Moreno, está siendo explotada de manera permanente para la obtención de agregados pétreos; así mismo a partir de las tobas riolíticas, se está produciendo cantera en pequeña escala para la industria de la construcción. Otra de las fuentes de explotación de grava y arena es el río Bernalejo.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Con el propósito de proporcionar, al sector minero y al usuario en general, de manera más completa y eficiente el servicio de información geológico-minera de nuestro país, el Consejo de Recursos Minerales instituyó un programa de infraestructura básica, con el fin de generar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas y magnéticas, en formato cartográfico 1:50,000 y 1:250,000. El proyecto tiene como propósito cubrir una superficie de 1'350,000 km², que representa el área con mayor potencial minero del territorio nacional.

Este programa se basa en la misión del Consejo de Recursos Minerales, que es de "generar, interpretar y difundir, la infraestructura de información geológico-minera básica y de investigación que soporte, apoye y motive al sector privado, para

continuar la exploración y evaluación del potencial minero del país, para que se traduzca en un importante detonador de nuevas operaciones mineras".

El objetivo es incentivar y apoyar la inversión en exploración y explotación minera, ofreciéndoles a los capitales nacionales y extranjeros la información geológico-minera básica que origine la evaluación del potencial minero del país, con mayores elementos y márgenes de confiabilidad, mediante el manejo de un gran volumen de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos. Estos datos permitirán al usuario conocer, interpretar y seleccionar las características y potencialidad de cada zona. Esta información se sintetiza en cartas especializadas accesibles al público que se complementarán con información escrita.

El presente estudio consistió en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la carta Lagos de Moreno, clave: F14-C31, escala 1:50,000, mediante la exploración integral programada, con estudios de imágenes de satélite, espacio mapas y cartografía geológica minera de campo, se cartografiaron las unidades litológicas, zonas de alteración y prospectos; paralelamente se realizó un estudio geoquímico de sedimentos activos de arroyo; así como la prospección geológico-minera con su respectivo inventario e interpretación.

I.2. ANTECEDENTES

Dentro del presente estudio que corresponde a la carta Lagos de Moreno, clave: F14-C31, existen algunos trabajos geológicos de investigación, regionales y evaluativos de yacimientos minerales metálicos y no metálicos, estos estudios fueron consultados antes y durante las actividades de campo (**Figura 1**). A continuación se resumen los trabajos mencionados:

El estudio más antiguo sobre el área, corresponde al realizado por Santiago R. (1882); su trabajo, consiste de un reporte técnico-minero rendido a la Secretaría de Fomento y describe las características del desarrollo y explotación de las minas identificadas en los alrededores de Comanja, por lo que las descripciones geológicas están limitadas al aspecto exclusivamente minero.

Gutiérrez G. et al., (1883), publicaron datos históricos valiosos, referentes al desarrollo y situación de las minas de Comanja.

Gastón J. P. (1946), describe la Veta Madre o Mother Lode de Comanja.

Pérez S. (1949), en su Memorándum sobre el placer estanífero del Río de Lagos, Jal. y la conveniencia de su exploración, menciona algunas generalidades sobre el estaño, tales como datos estadísticos de producción, precios y su uso.

Los trabajos que se han realizado en la zona de "El Orito-Comanja" municipio de Lagos de Moreno, Jal. datan desde 1960 a la fecha y fueron realizados por personal del Consejo de Recursos Minerales, dentro

de estos, destacan los siguientes:

Echegoyen S. (1975), realizó un estudio geológico regional desde la zona de Arperos, Gto. hasta Comanja de Corona, Jal. Menciona que en 1960 Mapes y Echegoyen hicieron un reconocimiento y muestreo de rocas ultrabásicas que existen al NE del poblado de Duarte; agrupa en cinco unidades a las rocas intrusivas de la región: andesitas (Rocas Verdes), granito, diorita, gabro y piroxenita.

Echegoyen S. J. (1978), publicó a nivel de reconocimiento general, la cartografía geológica de la sierra de Guanajuato. Este es el primer estudio cartográfico de dicha sierra.

Sandoval S. H., (1978), realizó un trabajo en el fundo auroargentífero "La Paz de México".

En la década de los 80's, Maldonado R. J. A. y Navarrete D. E., 1981; realizan el estudio geológico del prospecto San Juan.

Maldonado R. J. A., (1981), realiza una visita de reconocimiento a los prospectos San Juan y Pichichahua.

Maldonado R. J. A., (1981), Lleva a cabo un trabajo de visita de reconocimiento geológico minero de la mina "El Roblecito";

González V. P., (1982), realizó un estudio geofísico en el proyecto Cerro Colorado obtuvo como resultado cinco anomalías de alta polarización inducida (P. I.), correlacionables con las principales vetas, lo que permitió localizar las zonas de mayor

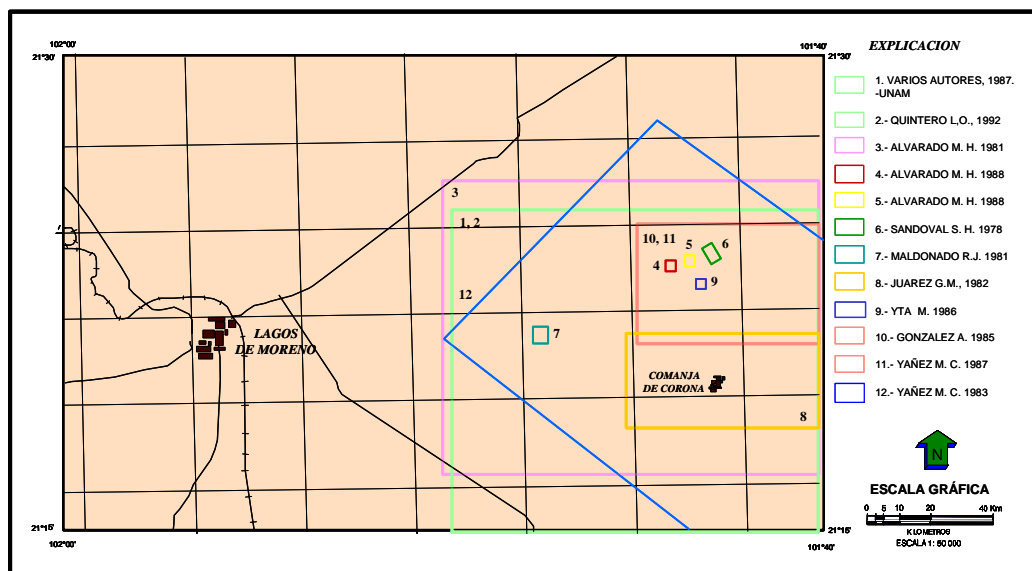


FIGURA 1. Plano de trabajos consultados.

concentración de sulfuros.

Alvarado M. H., (1982), en su informe geológico sobre los yacimientos minerales de Cerro Colorado dentro de los municipios de Lagos de Moreno, Jal. y León, Gto., primera etapa, define y evalúa las estructuras mineralizadas más importantes del área.

Mujica M. y Albarrán J., (1983), recolectaron muestras del granito de Comanja para un estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano Mexicano realizado dentro del Instituto Mexicano del Petróleo con fines geocronológicos.

González A. A., Sánchez G. J.A. Yta M. y García R. J. M. (1985), llevan a cabo un trabajo denominado proyecto Eje Neovolcánico, área San Juan de Otates y en el área El Orito-Comanja realizaron un estudio geológico-estructural con muestreo para estudio metalogénico.

Tristán G. M., (1986), plantea la estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes.

Yta M., Ortiz H. L.E., (1986), realizan un modelo genético de la mineralización existente en el área, establecen su paragénesis, las guías y el nivel en el cual se encuentra la mineralización.

Chiodi M. et. al., (1987), presentaron la evolución tectónica y magmática de una parte del batolito granítico de Comanja; analizaron sus características petrogenéticas y su evolución tectónica.

Juárez J. R., (1987), realiza un estudio geológico minero en la zona de San Ignacio de Loyola en el área de influencia del batolito granítico Arperos-Comanja.

Yañez M. C. F., Sánchez G. A., (1987), en el distrito minero de Comanja de Corona, hacen referencia de que la mayor parte de las estructuras mineralizadas, se alojan en rocas graníticas y definen un granito hiperalcálico.

García R. J. M., (1988), en su trabajo denominado "Informe complementario de sensores remotos (2a parte)" estado de Guanajuato, con base en el complemento y reinterpretación de las imágenes de satélite, selecciona cuatro zonas favorables considerando ocurrencia e intersección de megalineamientos, lineamientos y curvilineamientos de tipo semicircular, cónicos y anulares.

En la década de los 90's, Nieto S. A., (1992), lleva a cabo un estudio de "Interpretación estructural de los

rasgos geomorfológicos principales de la sierra de Guanajuato".

Alvarado M. H., (1992), reporta la cuantificación de reservas de roca caliza del banco que se localiza en las cercanías de la comunidad de La Perlita, obteniendo 2'730 000 ton. de reservas probables y 1'560 000 ton. de reservas posibles.

Quintero L. O., (1992), establece la columna geológica de la región con 10 unidades litoestratigráficas y, propone sus nombres con la finalidad de crear una nomenclatura estratigráfica formal para esta porción de la sierra de Guanajuato.

El Consejo de Recursos Minerales, (1995), lleva a cabo la cartografía geológica-minera y geoquímica de la carta Guanajuato F-14-7 escala 1:250,000.

I.3. MÉTODO DE TRABAJO.

La metodología aplicada durante la realización del proyecto integral cartográfico escala 1: 50,000 consistió de tres etapas desarrolladas en el transcurso de un año y ejecutadas de acuerdo a un programa general; éstas se anotan a continuación:

1. Recopilación de información existente de la zona y análisis de la misma.
2. Cartografía, como parte medular del estudio.
3. Integración, interpretación, elaboración de informe y mapas finales, como resultado total del trabajo.

La primera etapa de gabinete realizada durante los dos primeros meses del año, consistió en:

a) Recopilación de información para su selección, integración y reinterpretación según los fines geológico-mineros y geoquímicos.

Las fuentes de información son el propio Consejo de Recursos Minerales, bajo la base cartográfica de INEGI, además de las instituciones afines CFE, SARH, entre otras, universidades y empresas mineras.

b) Interpretación de imágenes de satélite, con especial énfasis en lineamientos, zonas de alteración y relación estructural con yacimientos conocidos para la definición de nuevas áreas prospectivas.

c) Análisis morfoestructural a partir de la interpretación de orientaciones con planos

hipsométricos, con intervalos de curvas de nivel cada 100 metros.

d) Programación de localidades de muestreo de sedimento activo de arroyo para geoquímica regional, con densidad de una muestra por cada cinco kilómetros cuadrados, por medio del criterio de cuencas y subcuencas hidrológicas.

La segunda etapa se realiza en campo y ocupó alrededor de nueve meses, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

a.- Desarrollo de muestreo geoquímico de sedimento activo (limos y arcillas) de arroyo, con un total de 152 muestras, a éstas se le practican análisis cualitativos de difracción y fluorescencia de rayos X, además del cuantitativo multielemental, determinando los elementos de interés y trazadores asociados, que puedan apoyar una adecuada interpretación del muestreo regional. Esta actividad se controla mediante fichas alfa-numéricas con obtención de datos geológicos puntuales.

b.- Cartografía geológica, mediante la verificación de contactos, secciones geológicas y apoyo de los espacio- mapas y fotografías aéreas. La información se enfoca hacia la obtención de cartas geológicas cronoestratigráficas.

c.- Reconocimiento geológico-minero con muestreo representativo de la mineralización; se define la calidad, el potencial y las perspectivas de yacimientos tanto metálicos como no metálicos. Se delimitan provincias, regiones, distritos y zonas mineralizadas así como nuevas áreas prospectivas.

d.- Obtención de muestras de esquirlas de roca en zonas mineralizadas y alteraciones para análisis químico, muestreo de "roca entera", para petrografía, minerografía, pruebas físicas y rayos x.

La tercera y última etapa consistió en la integración, interpretación, y validación de la información obtenida; ésta se realizó durante los últimos tres meses del año, en la que se realiza un informe final con los siguientes mapas digitalizados: geológico minero estructural, diez mapas geoquímicos (uno por elemento), mapa de interpretación de imágenes de satélite. Esta información estará disponible en disquete y se podrán combinar varios temas para obtener planos especiales.

I.4. CRITERIOS CARTOGRÁFICOS

Los criterios cartográficos que se utilizaron en este trabajo son:

La unidad mínima a cartografiar en escala, 1:50 000 será de afloramientos de 500 m por 15 m de espesor.

La realización de caminamientos con el objeto de delimitar y cartografiar las unidades que conforman el contexto geológico y su posición de unas respecto de las otras.

Elaboración de secciones en campo y gabinete.

El apoyo de fotografías aéreas para la delimitación de contactos, alteraciones y estructuras.

Agrupamiento de unidades, cuando sean correlacionables en tiempo y/o composición.

El uso de la nomenclatura estratigráfica de Norteamérica, en orden cronológico de la unidad más antigua a la más reciente, sin considerar el o los eventos que dieron origen a la roca.

El uso de la simbología establecida en los manuales técnicos, para indicar tipos de estructuras, yacimientos y otros.

La compilación por separado de la información geoquímica, geológica-estructural, yacimientos minerales, imágenes de satélite e hipsometría.

Para los trabajos de cartografía geológica, únicamente se utilizaron las fotografías aéreas como apoyo en algunas zonas de interés, de anomalías de color y zonas mineralizadas.

II. GEOGRAFÍA

II.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA

La carta Lagos de Moreno, se localiza en el centro de la República Mexicana, en la porción nororiente del estado de Jalisco y norponiente del estado de Guanajuato, entre los paralelos 21°15' 00" a 21°30' 00" y los meridianos 101°40' 00" a 102°00' 00"; comprende una superficie aproximada de 960 km² de los cuales, la mayor parte se distribuye en el municipio de Lagos de Moreno, Jal. y sólo una mínima parte, en el municipio de León, Gto. (**Figura 2**).

II.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso se realiza a través de las carreteras federales No. 45 León-Aguascalientes que cruza la carta de sureste a noroeste; con el mismo rumbo, una mínima parte de la carretera de cuota pasa por la porción surponiente. La No. 80 Lagos-Ojuelos comunica la carta de surponiente a nororiente, finalmente la No. 87 León-San Felipe pasa en el vértice Suroriental del área. Esta red de carreteras, se encuentra interconectada por caminos estatales donde la mayoría son de terracería que comunican a las poblaciones y comunidades ubicadas dentro de la carta.

La región cuenta con la vía férrea Querétaro-León-Lagos de Moreno y un aeropuerto fuera de uso

localizado al sur de Lagos de Moreno.

II.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

La información climatológica de la carta Lagos de Moreno, F14-C31 se obtuvo de las cartas climatológicas de INEGI (síntesis geográfica de Jalisco).

El régimen climatológico que prevalece en la porción poniente de la carta, corresponde al grupo de los climas secos (semiseco-semicálido). Este tipo de climas, se caracteriza por presentar régimen de precipitación pluvial entre los 700 y 800 mm anuales con dos épocas de lluvia, la más importante en verano y otra irregular en invierno y temperatura media anual entre los 18° y 20°C.

En el resto de la carta, predomina el grupo de climas templados (templados-subhúmedos); se caracteriza, por un régimen de precipitación pluvial del orden superior a los 800 mm anuales con intervalos térmicos menores a 16°C; la localidad donde mejor se exponen estas condiciones es en la mesa de la Cuatralba, en la porción oriental de la carta.

Un porcentaje considerable de la carta se caracteriza por la presencia de importantes zonas de cultivo como es el valle de Lagos de Moreno.

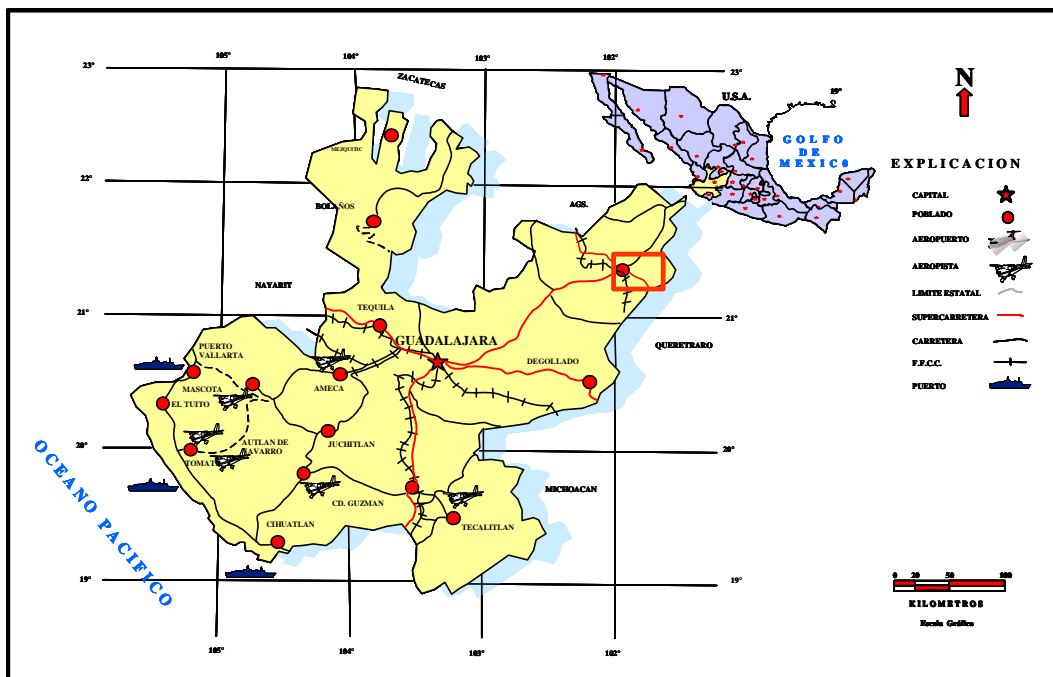


FIGURA 2. Plano de localización.

En el resto de la carta, se dan con gran profusión los arbustos espinosos como nopaleras, huizache, coyotillo, cardenche, cardón, uña de gato, mezclados con matorral y abundantes pastizales.

II.4. FISIOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA

Fisiográficamente, la carta Lagos de Moreno queda comprendida dentro de las provincias, del Eje Neovolcánico y la Mesa Central. (Raisz, 1964). Localmente queda ubicada en las subprovincias de los Llanos de Ojuelos y la discontinuidad geográfica de la sierra de la Cuatralba; cada una de éstas presenta un patrón característico de topografía y morfología del terreno, distribución de suelos y vegetación (**Figura 3**).

Eje Neovolcánico.- Se distingue por presentar valles y sierras que tienen prominencias topográficas donde sobresalen los cerros de Dos Aguas, fuera de la carta, Lagos de Moreno, la Mesa Larga y la parte noroeste de la carta. En las laderas de la sierra o partes bajas al noreste las altitudes son de 1,900 m.s.n.m. a 2,100 m.s.n.m.; sus arroyos se hacen más profundos hacia el fondo de sus cañadas, como puede observarse en la parte noreste de la región que está formada por dos sistemas de topoformas: en la parte oriente la sierra con valles paralelos separados entre si por áreas planas en sus partes altas y al poniente con valles ramificados amplios en donde destacan algunas prominencias como las ya mencionadas.

Mesa central.- Esta provincia cubre parte de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y solamente su porción más austral penetra en la carta, corresponde a la subprovincia

de los Llanos de Ojuelos en donde sobresale la cadena montañosa conocida como la sierra de León- Guanajuato y de manera local la Mesa de La Cuatralba que ocupa la parte centro oriente de la carta con un rumbo general NW-SE; se caracteriza por planicies entre 2,400 y 2,800 m.s.n.m., ésta es una zona boscosa que incluye un sistema de mesetas lobuladas y escalonadas.

Desde el punto de vista geomorfológico, se aprecian tres etapas: etapa de madurez; está representada por amplios valles y lomerios aislados donde destaca la depresión de Lagos de Moreno orientada noreste-suroeste en la parte centro poniente de la carta. Etapa de juventud avanzada que se caracteriza por sierras de poca altura presente en la porción norponiente de la Carta y etapa juvenil; está representada por sierras escarpadas, arroyos y ríos profundos. Esta etapa es característica de la porción oriental de la carta donde destacan los arroyos Guayamelos, Ojo de Agua, Cañada de Berben, El Zacate, Cañón Oscuro, El álamo, Río Bernalejo entre otros.

Hidrológicamente, la carta corresponde a la vertiente del océano Pacífico la cual se alimenta de las precipitaciones pluviales que generan corrientes intermitentes que drenan hacia el río Bernalejo cuyas aguas son captadas por la presa de La Sauceda para fines de riego; los ríos Cuarenta y Lagos, fluyen a lo largo de la fosa tectónica de Lagos de Moreno, estas corrientes, son tributarias de la cuenca hidrológica del río Lerma.

Los patrones de drenaje son dendrítico en la porción oriente; paralelo y rectangular distribuido en toda la carta

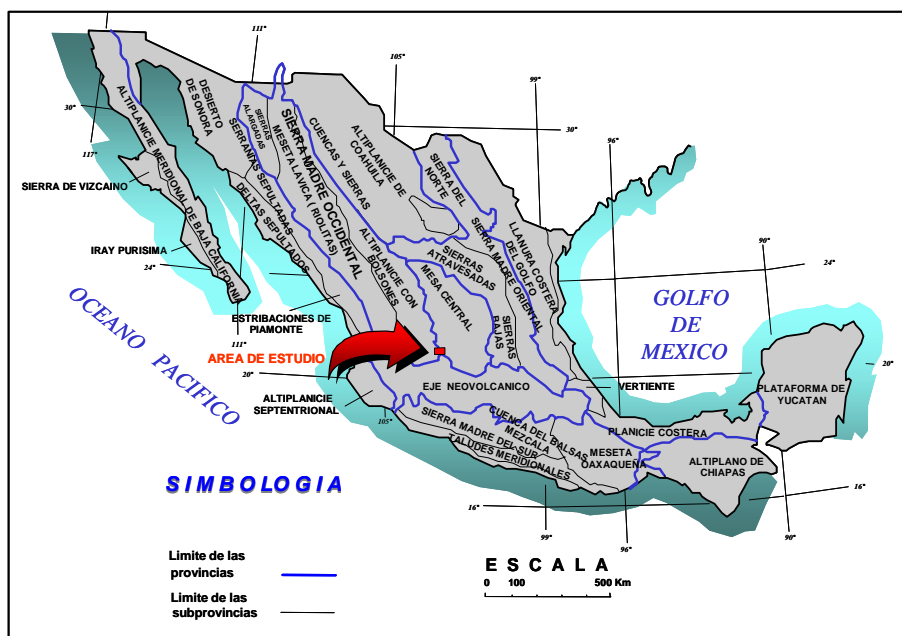


FIGURA 3. Provincias fisiográficas (Raisz E.1964).

III. GEOLOGÍA

III.1. MARCO GEOLÓGICO

La estratigrafía está compuesta por unidades litoestratigráficas de origen volcanosedimentario con presencia de leve a moderado metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes), secuencia de rocas calcáreo-arcillosas, sedimentarias continentales, volcánicas básicas, intermedias y ácidas así como ígneas intrusivas de edad mesozoica con una variación del Cretácico al Holoceno. Estas unidades, quedan agrupadas dentro del terreno tectonoestratigráfico Guerrero, postulado por Campa U. M. F y Coney P. (1983) (Figura 4).

Las rocas que afloran en la región, están constituidas por dos conjuntos litológicos uno inferior del Mesozoico y otro superior del Cenozoico. El primero se desarrolló en ambientes paleogeográficos diferentes: Uno volcano-plutónico alóctono perteneciente al arco insular intraoceánico "Arco de Guanajuato" y otro volcanosedimentario para- autóctono desarrollado en una cuenca oceánica profunda denominada "Cuenca de Arperos", Martínez R. J. (1987) y que pertenecen al Terreno Guerrero (Campa U. M. F. y Coney P., 1983).

Este complejo basal mesozoico, se extiende desde las estribaciones de la sierra León-Guanajuato al norponiente hasta las inmediaciones de Guanajuato; en parte corresponden a este complejo las formaciones magmáticas y sedimentarias

pertenecientes al "Arco de Guanajuato"; en estudios recientes (Monod O., 1990, Lapierre et. al, 1992), se han interpretado como pertenecientes a un arco intraoceánico disociado formado por cinco unidades magmáticas superpuestas tectónicamente y una secuencia metavolcanosedimentaria discordante.

Las unidades magmáticas ordenadas de acuerdo a su posición original son, de la base a la cima: unidad ultrabásica-básica de San Juan de Otates, Diorita Tuna Mansa, Tonalita Cerro Pelón, complejo Filoniano Santana y unidad basáltica La Luz; este conjunto de unidades aflora fuera del área, en la parte central de la sierra de Guanajuato y se extiende principalmente hacia la región del cubilete-la Luz, al norte y noroeste de la ciudad de Guanajuato.

A la secuencia metavolcanosedimentaria, se le conoce de manera informal como "formación Esperanza", (Echegoyen, 1970); más recientemente (Chiodi et. al, 1988 y Monod et. al, 1990), informalmente la denominaron "Formación Arperos".

Quintero L. O. (1992) propone el término de "caliza la Perlita" para definir una secuencia calcáreo arcillosa que cubre discordantemente a la secuencia metavolcanosedimentaria, al norte de Comanja de Corona en la ranchería de La Perlita.

El conjunto litológico del Cenozoico, está

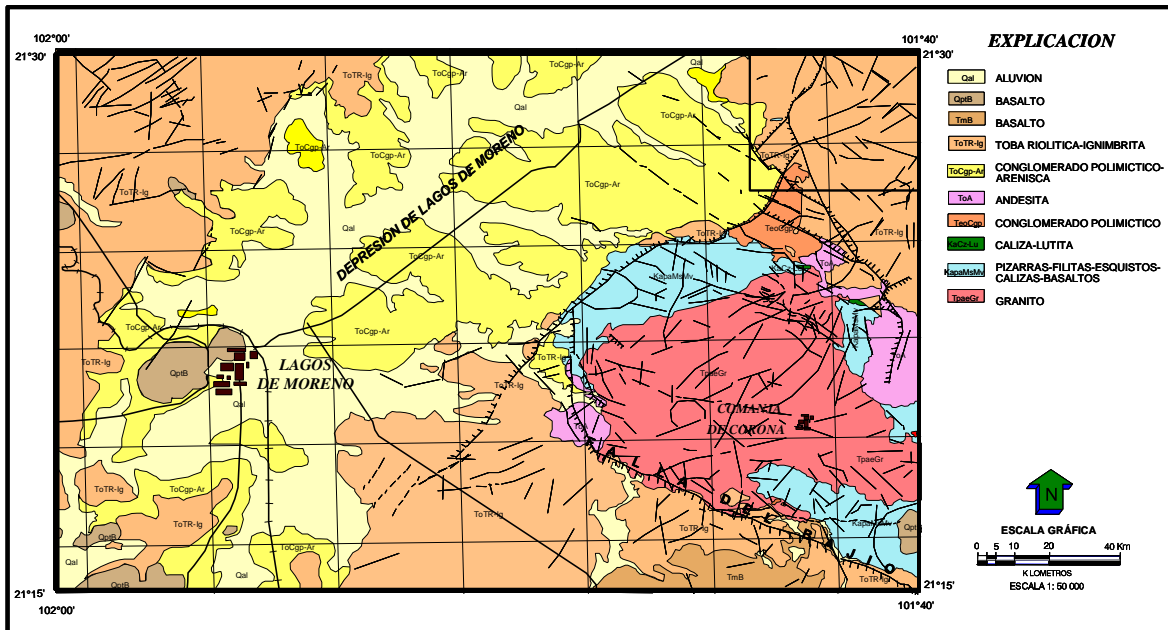


FIGURA 4. Mapa geológico.

representado por la Formación Guanajuato que aflora al centro y nororiente del área, estudiada por Monroy., (1888)., Botsford., (1909)., Villarelo-Torres., (1906)., Wandke y Martínez., (1928)., Guiza., (1949) y Edwars., (1956). Este conjunto, está constituido por fragmentos de riolita, lutita, andesita, granito, diorita, calizas, cuarzo en matriz arenosa cementada por óxidos de hierro. Edwars (1958), le estimó un espesor de 1 500m; con edad del Eoceno al Oligoceno Inferior.

La unidad anterior esta cubierta por la andesita El Gigante-Bernalejo (Martínez y Quintero, 1992), que consta de lavas masivas que afloran en las inmediaciones de la ranchería de Bernalejo, al sur de Rancho Seco y al oriente de Mesa Cuevas. Tentativamente se ubica en el Oligoceno Medio.

Como consecuencia de la distensión durante el Oligoceno Superior se desarrollan depósitos continentales de relleno de fosa, que constituyen la unidad Grava Los Lozano ampliamente distribuida a lo largo de la depresión de lagos de Moreno, que consiste de conglomerados polimícticos con fragmentos de rocas sedimentarias, graníticas y volcánicas; están cubiertos indistintamente en discordancia por la Ignimbrita Cuatralba también de edad Oligoceno que representa el evento volcánico más ampliamente distribuido en la región y de mayor espesor, constituido por derrames de riolita, ignimbritas riolíticas, andesitas y flujos piroclásticos. A la unidad anterior sobreyace en forma discordante el basalto Dos Aguas de edad Mioceno Tardío, (Martínez R., 1987).

El último evento volcánico registrado en la carta es durante el Pleistoceno manifestándose como basaltos con variaciones a andesitas.

III.2. ESTRATIGRAFÍA (Figura 5)

III.2.1. Terreno Guerrero (Arco de Guanajuato)

Formación Esperanza (Kapa Ms-Mv)

Definición.- La secuencia vulcanosedimentaria ha sido estudiada por diversos autores y la han descrito con diferentes nombres; así el término "Esquisto" se lo asignaron Humbolt, (1908), Church, (1907), Wandke y Martínez, (1928), Botsford (1909) la denomina "Triásico de Guanajuato".

Echegoyén, S. J. (1970), la llamó de manera informal "Formación Esperanza" que tiene como localidad tipo

los afloramientos localizados en los alrededores de la presa La Esperanza que se localiza a 3 Km al norte de la ciudad de Guanajuato dentro del distrito del mismo nombre y consiste de lutitas, areniscas y calizas con sus equivalentes metamórficos formados a partir de las rocas anteriores.

Martínez, R. J. (1987), incluye a estas rocas en lo que él denomina "Complejo volcanosedimentario sierra de Guanajuato". Chiodi, M., et. Al, (1988) y Monod, O. et. al, (1990), denominan informalmente "Formación Arperos" para referirse a una secuencia metavolcanosedimentaria flysch constituida predominantemente por grauvacas con fragmentos subangulosos de lava basáltica, plagioclasa, epidota y cuarzo, intercaladas con lutita silícea, calizas micríticas de estratificación delgada, areniscas conglomeráticas y sus equivalentes metamórficos.

Distribución.- La secuencia volcanosedimentaria, se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de toda la Sierra de León-Guanajuato.

Dentro de la carta, el afloramiento más septentrional se localiza a 2 Km al oriente de la comunidad de Santa Cruz, en la porción nororiental; la presencia de estas rocas continúa hacia el sur, en forma de colgantes dentro del "Granito Comanja" en la sierra Alta, La Perlita y en los alrededores de la Mesa de Santiago; a partir de esta última localidad su distribución queda sobre una franja que se extiende al suroriente, hasta las inmediaciones de la ciudad de Guanajuato, fuera del área.

Martínez R. J. (1987), menciona que representa la unidad más importante del basamento de la sierra de León-Guanajuato ya que constituye su amazón estructural.

Aflora en los minerales de San Antón de las Minas, Pozos, y provincia en San Felipe, Gto.

Litología y espesor.- Está constituida por una secuencia flysh de grauvacas, cuarcitas, calizas micríticas, pedernal negro bandeado y ocasionalmente horizontes de conglomerado; la parte volcánica, está representada por lavas basálticas-andesíticas de estructura masiva y/o almohadilla y rocas volcanoclásticas de la misma composición; toda la secuencia presenta un metamorfismo regional de bajo grado (facies esquistos verdes).

Son característicos los procesos de albitización con alteración propilítica.

Las estructuras en almohadilla presentan en parte, vesículas, producto del escape de la fase gaseosa, algunas de las cuales están rellenas de calcita y clorita.

El efecto que causó en la secuencia, el emplazamiento del granito Comanja, generó zonas de hornfels y skarn.

El espesor no es conocido debido que su base no aflora aunado a esto, se presentan fallamientos, plegamientos así como intrusiones que dejaron grandes cuerpos de rocas de la secuencia en forma de colgantes (Roof Pendants).

EXPLICACIÓN

CUATERNARIO

Q al ALUVIÓN

Qpt B BASALTO

TERCIARIO

NEÓGENO

Tm B BASALTO

PALEOGENO

To TR-ig TOBA RIOLÍTICA IGNIMBRITA

To Cgp-Ar CONGLOMERADO POLIMÍCTICO-ARENISCA

To A ANDESITA

To Cgp CONGLOMERADO POLIMÍCTICO

CRETÁCICO INFERIOR

Ka Oz-Lu CALIZA LUTITA

Kpa Me-Mv METASEDIMENTARIO-METAVOLCÁNICO

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Tpae Gr GRANITO

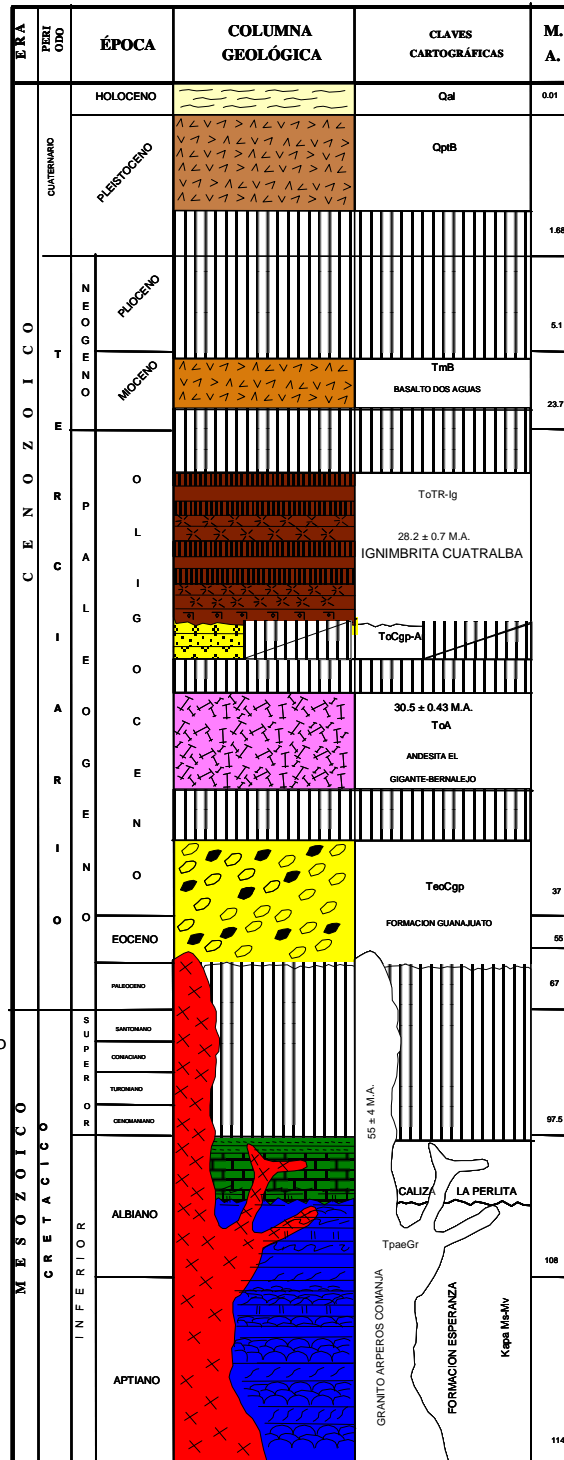


FIGURA 5. Columna estratigráfica

Se estima de una manera aproximada que el espesor es superior a los 700m.

Edad y correlación.- Las edades isotópicas K/Ar obtenidas de rocas volcánicas contenidas en esta



FOTOGRAFIA 1. Diques aplíticos que afectan una secuencia volcanosedimentaria (Kapa Ms-Mv) entronque a Comanja de Corona.

formación son poco confiables debido a que la alteración hidrotermal y el metamorfismo de bajo grado ocurrido en la secuencia provocaron pérdida de argón radiogénico (Ortíz, 1997); sin embargo, considerando su litología, estilo de deformación y relación estratigráfica, es posible que su edad corresponda al Jurásico (Ortíz et al, 1992).

Dávila y Martínez (1987), definieron con base en radiolarios, contenidos en los pedernales que afloran cerca de Arperos, una edad Valanginiano Turoniano (Cretácico Inferior); a partir de fósiles encontrados en los niveles inferiores de calizas en la base de esta formación Corona (1988), obtuvo una edad Tithoniano-Hauteriviano perteneciente al Jurásico Superior-Cretácico Inferior, por lo que su base es correlacionable con la Formación San Juan de la Rosa (Jurásico Superior, Chauve et al, 1985), que aflora en el área de Tolimán, Qro.

Por su similitud litológica ha sido correlacionada con las rocas triásicas de Zacatecas (Burckhardt y Scalia, 1906).

En el presente trabajo, se consideró la edad Cretácico Inferior.

Relaciones estratigráficas.- En la sierra de Guanajuato la secuencia volcanosedimentaria (Formación Esperanza) está cubierta por contacto tectónico subhorizontal por una secuencia de rocas volcanoplutónicas alóctonas: unidad ultrabásica-básica San Juan de Otates, diorita Tuna Mansa, tonalita Cerro Pelón, complejo filoniano Santa Ana, unidad basáltica La Luz, (Monod O. et. al, 1990); Ortíz H. L E. et. al, (1991); Quintero L. O. (1992) y Martínez R. J. (1995).

Se encuentra afectada por el Granito Comanja. **(Fotografía 1).**

El contacto superior se presenta en forma discordante con calizas arrecifales (caliza La Perlita), rocas volcánicas cenozoicas y sedimentos continentales.

Estas relaciones se observan en toda la porción oriental de la carta.

Ambiente de depósito.- Las rocas sílicas del miembro inferior, que descansan sobre las lavas almohadilladas, sugieren, al menos para este miembro, un depósito de aguas profundas, por debajo del nivel de compensación de los carbonatos.

La presencia de bancos así como de estratos delgados y medianos de grauvacas, con abundantes fragmentos de rocas metamórficas, sugieren que la cuenca de depósito recibió el aporte del material terrígeno de áreas vecinas donde predominaban rocas cristalinas o cinturones metamórficos adyacentes, modificando en parte, la sedimentación predominante.

Las rocas calcáreas en los niveles intermedios de la secuencia, sugieren que las condiciones de profundidad de los sedimentos varían con el tiempo, debido probablemente al relleno de la cuenca hasta superar el nivel de compensación de los carbonatos Quintero, L. (1992).

Esta secuencia representa la sedimentación profunda de una cuenca oceánica marginal, llamada Cuenca de Arperos (Monod et. al, 1990; Tardy et. al, 1992 y 1994; Lapierre et. al, 1992; Freyder et. al, 1996).

Recientemente, con base en datos mineralógicos y geoquímicos de las lavas basálticas almohadilladas y diques diabásicos ubicados en la porción norponiente de la sierra de Guanajuato, esta formación se interpreta como remanentes de montes

submarinos intraplaca cubiertos por sedimento (Ortíz, 1997).

Condiciones geológicas-mineras.- La caliza arcillosa de color gris claro en capas delgadas, de la secuencia volcanosedimentaria (Formación Esperanza) ha sido explotada para elaboración de cal en pequeña escala (Echegoyen, 1970), dentro de esta formación se emplazan vetas con mineralización auroargentífera y polimetálica en los distritos mineros de Guanajuato, San Antón de las Minas, Pozos, Victoria y dentro de la carta Lagos de Moreno, en su porción oriental.

Caliza La Perlita (Ka Cz-Lu)

Definición.- Quintero (1992), propone el término de "caliza La Perlita" para definir a una secuencia calcáreo-arcillosa con algunos horizontes de lutita limolítica, que afloran al noreste de Comanja, en las cercanías de la ranchería La Perlita. Chiodi et al (1988) y Martínez (1987), utilizaron de manera informal este mismo término para designar estas rocas.

Distribución.-Los afloramientos de ésta roca son restringidos; fueron localizados tres afloramientos, uno de ellos en la comunidad de La Perlita, donde toma su nombre y se encuentra al noreste y a 7 Km de Comanja de Corona, Jal., en el Puerto Blanco. El segundo, al norte y 8 Km del mismo poblado. El tercero se ubica al este y 3 Km de Bernalejo (fuera del área).

Litología y espesor.- La unidad está constituida por calizas, calcarenita y escasos horizontes interestratificados de lutita. La base está formada por caliza masiva que se clasificó como una oomicrita y en algunos casos es una intraespatita, según Folk (Quintero 1992). Sobre esta caliza se presenta una alternancia de caliza arcillosa negra, con estratos de 20 cm y lutitas de estratificación delgada.

Se han observado fósiles del tipo de los pelecípodos, braquiópodos, corales y amonites. En la porción media y arriba de lo antes descrito existe alternancia de caliza, lutita y calcarenita en capas de 3 cm a 15 cm de espesor. La cima de la secuencia está formada, por lutita limolítica y horizontes escasos de lutita calcárea, de color pardo rojizo, o sea más clástica. En la localidad de Puerto Blanco el espesor es de 164 m.

Relaciones estratigráficas.- Las calizas sobreyacen discordantemente a la unidad volcanosedimentaria denominada Formación Esperanza. Subyace por

discordancia angular a las tobas e ignimbritas de la unidad conocida como "Ignimbrita Cuatralba" y a pequeños afloramientos (no cartografiados) del Conglomerado Guanajuato, en el área de Puerto Blanco.

Se encuentra afectada por el granito Comanja.

Edad y correlación.-La edad de las calizas se basa en el estudio de corales, amonites, gasterópodos, braquiópodos y microfósiles que tienen alcance estratigráfico entre el Aptiano Inferior y Cenomaniano Inferior (Chiodi, et al, 1988; Quintero, 1989).

Se correlaciona con la Formación el Doctor del oriente de México y marca la continuación hacia esta región de la máxima transgresión de la cuenca mesozoica intracontinental donde tuvo su origen la Sierra Madre Oriental.

Ambiente de depósito.- Los sedimentos que formaron la secuencia se depositaron en promontorios cercanos a la costa, favorables para la formación de arrecifes, con variación a niveles neríticos con el aporte de material clástico y arenoso de litoral.

Estos afloramientos tienen una significación paleogeográfica muy importante ya que representan la máxima transgresión de la cuenca mesozoica; corresponde a la superposición de un ambiente tethysiano a un ambiente pacífico de arco-cuenca oceánica, que había sido terminado por la orogenia Orogeniana en el Cretácico Medio. Martínez (1987).

Condiciones geológico-mineras.- Esta roca desde principios de siglo ha sido utilizada para producir cal viva para material de construcción, su parte masiva parcialmente recristalizada puede usarse como roca dimensionable. No tiene relación con depósitos minerales, los cuales se encuentran cerca de su afloramiento en la secuencia volcanosedimentaria (Formación Esperanza).

III.2.2. Cubierta Cenozoica

Formación Guanajuato (Teo Cgp)

Definición.- Los conglomerados localizados en el distrito minero de Guanajuato fueron estudiados por Monroy (1888), Botsford (1909), Villarelo-Torres (1906) y Wandke y Martínez (1928), Guiza (1949) y Edwards (1956). Estos le asignaron el nombre de "Conglomerado Guanajuato" a una secuencia clástica continental de carácter conglomerática, (Quintero, (1989); Edwards, (1956), en su trabajo sobre conglomerados del Terciario en el centro de

México, realiza una descripción más completa y emplea el término de "Conglomerado Rojo" para referirse a la secuencia.

Quintero L. O. (1989), recomienda emplear el término de "Conglomerado Guanajuato", ya que se ajusta al código estratigráfico norteamericano.

Distribución.- Los conglomerados presentan sus mejores exposiciones en los alrededores de la ciudad de Guanajuato, se extienden al este y al sur.

A los afloramientos del noreste de León también se les conoce con el nombre de "Conglomerado Duarte" (Martínez R: J. et. al., 1992).

Dentro de la carta, el mejor afloramiento, se presenta en la presa El Maguey y aguas arriba del arroyo Guayamelos; se localiza entre el escarpe poniente de la Mesa Cuatralba y el Cerro Pelón (**Fotografía 2**).



FOTOGRAFIA 2. Detalle del conglomerado Guanajuato (Teo Cgp) camino San Juan del Maguey-Ojo de Agua.

Litología y espesor.- El conglomerado, es polimíctico formado por guijarros de rocas ígneas y sedimentarias, predominando en más del 50% las de composición riolítica y latítica que las andesíticas y basálticas. También contiene clastos de granito, diorita y escasamente cuarzo, caliza, lutita y pedernal. Su color en roca sana, es verde oscuro;

la oxidación es la principal alteración del conglomerado y presenta una coloración pardo rojizo con tonos naranjas que dependen del grado de hidratación del hierro. La matriz arenosa está cementada principalmente por óxidos de hierro (limonita, hematita) que le dan el tono rojizo, así como por carbonatos. Contiene intercalaciones de arenisca y limolita.

Edwards (1958), considera que el espesor del conglomerado, aún cuando no se conoce su base, es de al menos de 1500 m en los alrededores de Guanajuato, con un máximo probable de 2,000 m al norte de León, se estima que tiene un espesor de 1000 m. Dentro de la carta, los espesores no superan los 70 m.

Relaciones estratigráficas.- En el distrito minero de Guanajuato la secuencia descrita sobreyace por discordancia angular a la secuencia volcanosedimentaria ("Formación Esperanza") y se pone en contacto por falla normal con la misma.

En la carta, sobreyace en forma discordante a la secuencia volcanosedimentaria y subyace de igual manera a las rocas andesíticas y riolíticas (Ignimbrita Cuatralba). En parte es afectado por el granito Comanja.

Edad y correlación.- Con base en estudios paleontológicos de restos de vertebrados fósiles, por Edwards y Ortiz (1950) y (Fries et. al, 1955) infieren una edad no más joven que el Oligoceno Inferior.

Ferrusquia (1978), con base en estudio de roedores y especies de carnívoros definió el miembro inferior del "Conglomerado Guanajuato" como Eoceno Medio-Eoceno Tardío.

Con base en datos paleontológicos y relaciones estratigráficas, se infiere que los depósitos quedan comprendidos entre el Eoceno Medio-Oligoceno Inferior.

Se correlaciona con el conglomerado Duarte que aflora entre Guanajuato y León; el conglomerado Cenicera, que aflora al oriente de Villa de Reyes, asociado a la falla maestra oriental de Villa de Reyes (Labarthe et. al, 1982).

Edwards(1955), correlacionó el Conglomerado Rojo de Guanajuato, con el Conglomerado Rojo de Zacatecas y también con rocas similares, que afloran en el distrito minero de Taxco, Gro.

Ambiente de depósito.- Se depositó el conglomerado bajo condiciones continentales, con agrietamiento de lodos e impresiones de lluvias, canales, pedregones muy mal clasificados escasa esfericidad de las guijas, material volcánico interestratificado y resto de vertebrados (Edwards, 1956). También se depositó en cuencas intermontanas más o menos aisladas con poco arrastre.

Esta unidad representa un período de intensa erosión y depósito en fosas tectónicas restringidas y al pie de bloques fallados levantados.

Condiciones geológico mineras.- El Conglomerado Rojo, presenta potencial ya que en él, o en el contacto por fallamiento normal con la secuencia volcanosedimentaria, se encajonan algunas estructuras mineralizadas dentro del distrito minero de Guanajuato y en la parte nororiente de la carta Lagos de Moreno. En su contacto por falla con la secuencia volcanosedimentaria se aloja la Veta Madre.

Conglomerado Polimíctico-Arenisca (To Cgp-Ar)

Definición.- Quintero L. O. (1992), propone el uso del término, "Grava Los Lozano" para definir una unidad litoestratigráfica, de origen sedimentario que yace bajo la Ignimbrita Cuatralba y que se compone de fragmentos angulosos y subangulosos del tamaño de la grava provenientes de las rocas preexistentes.

Distribución.- La exposición de los mejores afloramientos se tienen en toda la fosa tectónica de Lagos de Moreno principalmente en los cortes de los arroyos que drenan de la parte poniente de la Mesa de la Cuatralba, en el arroyo de La Angostura, en la parte noroeste de la sierra de Los Picachos, cerca del rancho de los Lozano. Regionalmente, la unidad queda expuesta a lo largo de las carreteras Dolores Hidalgo-San Diego de la Unión-San Miguel Allende y Dolores-San Felipe, (fuera de la carta).

Litología y espesor.- La roca presenta color gris amarillento a pardo; se encuentra constituida principalmente por fragmentos de rocas de las unidades más antiguas, sedimentarias, graníticas, calcáreas y riolíticas; consiste de una alternancia de areniscas con cambios de facies a horizontes conglomeraticos con clastos hasta de 10 cm en capas de 0.30 a 1.00 m; se presentan gradados; la matriz varía de arenosa a tobácea. El espesor no es posible determinarlo ya que el contacto inferior no aflora. Se considera superior a 100 m.

Relaciones estratigráficas.- Estas rocas, se encuentran rellenando fosas cuyos rasgos topográficos característicos son lomeríos suaves alargados; el contacto inferior, no está expuesto, pero se le supone discordante sobre las unidades más antiguas. Se encuentra cubierta en forma discordante por las rocas de la ignimbrita Cuatralba o bien por las rocas basálticas.

En la porción surponiente, sobre el corte de la carretera León-Aguascalientes, a la altura del rancho El Angel, se presenta un horizonte de areniscas con alternancia de conglomerado de composición predominante riolítica, estratificación gradada afectada por fallas de tipo normal. **(Fotografía 3)**

Edad y correlación.- Por su posición estratigráfica, debajo de la Ignimbrita Cuatralba, se le asignó una edad del Oligoceno Tardío, anterior al depósito de esta última y posterior a la Andesita Bernalejo.

Ambiente de depósito.- Se depositó en un ambiente sedimentario rellenando fosas tectónicas, como es el caso de la de Lagos de Moreno.

Condiciones geológico mineras.- Desde el punto de vista geológico-minero, estas rocas carecen de interés, sin embargo se tienen algunas zonas donde el material fue utilizado sobre todo en la construcción



FOTOGRAFIA 3. Falla sobre conglomerado y arenisca (To cg-Ar). Localidad, carretera de cuota León-Aguascalientes.

de carreteras. En los cauces de los arroyos y mediante cribas se pueden obtener materiales de arena y grava para ser utilizados en la construcción.

Andesita el Gigante-Bernalejo (To A)

Definición.- Martínez R. J. (1992), designó con el nombre de andesita El Gigante-Bernalejo a rocas volcánicas masivas, oscuras que se localizan en el arroyo El Gigante al norte del poblado de La Luz. Las define, como una unidad de derrames de lava color oscuro, porfídicas, con fenocristales de plagioclasa, augita, olivino y minerales opacos.

En el extremo norponiente de la sierra de Guanajuato-León afloran rocas andesíticas para las cuales, Quintero (1992), designa de manera informal con el nombre de "Andesita Bernalejo" refiriéndose a los cuerpos de lavas de la composición mencionada; son de color gris morado con tonos verdes en roca intemperizada y gris oscuro en roca sana.

Distribución.- Los afloramientos se localizan en la porción centro y oriente de la carta, específicamente en las inmediaciones de la ranchería de Bernalejo y más al norte en el puerto Blanco y arroyo Guayamelos.

Al sur de Rancho Seco y al oriente de la Mesa Cuevas se tiene otro afloramiento de 6 km² aproximadamente.

Litología y espesor.- De forma general se trata de una secuencia de andesitas; son de color gris oscuro con tonos morados y verdosos, textura porfídica, estructura compacta con cristales de plagioclasa, augita y hornblenda. Al microscopio presenta una textura hialopilítica que consiste en fenocristales de la plagioclasa (andesina) embebidos en una matriz vítrea en proceso de desvitrificación. También fueron identificados fenocristales de clinopiroxeno (augita) y de ortopiroxeno (hiperstena). El espesor puede considerarse del orden de los 300 metros. Se colectaron 10 muestras y se clasificaron al microscopio, de la siguiente manera: Pórfido andesítico (LP-3, 4, 5, 6, 7, 9, 10). Toba andesítica (LP-1, 8 y 16).

Relaciones estratigráficas.- El contacto inferior de la "Andesita Bernalejo" es discordante con la secuencia volcanosedimentaria y el Conglomerado Guanajuato; la mejor exposición de esta relación con la secuencia volcanosedimentaria se tiene sobre el cauce del arroyo la Perlita a 1Km aguas arriba de la unión con el arroyo Bernalejo; con el conglomerado se expone en el arroyo Guayamelos, localizado en la margen poniente de la Mesa Cuatralba. Esta relación

también se observa en algunos afluentes del río Chico localizados al oriente de la Mesa Cuevas, entre las rancherías de Rancho Seco y Jaramillo de Arriba. Se encuentra cubierta por la Ignimbrita Cuatralba este contacto se aprecia al oriente de la carta en el escarpe que forma con la sierra de la Cuatralba; en la porción central y al oriente de la mesa La Culata y Cuevas. **(Fotografía 4)**

Edad y correlación.- Los afloramientos de los derrames andesíticos que se tienen en la carta constituyen la base de las rocas volcánicas de la región.



FOTOGRAFIA 4. Contacto conglomerado Guanajuato-Andesita. Localidad arroyo Guayamelos.

La "Andesita Bernalejo" se considera que su extravasación es posterior al emplazamiento de las rocas graníticas ya que no está afectada por ellas. Se le asigna tentativamente una edad oligocénica con base en su posición estratigráfica que cubre al granito Comanja y al Conglomerado Guanajuato, así mismo se considera que la Ignimbrita Cuatralba se formó durante el Mioceno, época en la cual se encuentra registrada la mayor acumulación de rocas ignimbriticas de la Sierra Madre Occidental (Mc Dowel F. y Clabaugh S., 1981). se le correlaciona con la andesita El Gigante (Martínez R., 1987), que aflora en el cerro del mismo nombre, ubicado a 20 Km al norte y noroeste de la ciudad de Guanajuato, así como con la andesita El Cedro del distrito minero de Guanajuato. Posiblemente también sean equivalentes en edad a la andesita Casita Blanca,

(Labarthe et. al 1982), que aflora en la región de La Salitrera y El Realito. Esta unidad subyace a todas las unidades volcánicas oligocénicas félsicas y sobreyace al conglomerado Cenicera.

Condiciones geológico mineras.- No presentan relación alguna con yacimientos minerales.

Ignimbrita Cuatralba (To TR-Ig)

Definición.- Regionalmente, esta secuencia de rocas volcánicas de predominancia ácida, comprende coladas y tobas riolíticas, flujos piroclásticos, andesitas e ignimbritas.

Este paquete de rocas volcánicas ácidas ha sido originalmente descrito por Labarthe et. al (1982), quienes le asignaron el nombre de "Riolita Panalillo".

Martínez R. J. y Quintero L. O. (1992), proponen que el término "Ignimbrita Cuatralba" incluya todo aquel material volcánico, principalmente ignimbrítico, que haya sido depositado sobre las rocas antiguas de la sierra de Guanajuato y que aflora en la sierra Cuatralba, en las mesas que están en las cercanías de León y Lagos de Moreno en el borde sur-occidental de la sierra de Guanajuato.

Distribución.- La Ignimbrita Cuatralba es el evento volcánico más ampliamente distribuido en la región y la sección mejor expuesta y más completa, se presenta en la porción noreste de la carta y forma parte de la denominada Mesa de la Cuatralba.

El rasgo geomorfológico más característico de este tipo de rocas, es la formación de extensas mesas; en la carta quedan distribuidas de la siguiente manera:

En la parte centro-sur, se tienen las mesas de La Culata, Cuevas y El Capulín; hacia el extremo norponiente, destaca la de San Isidro y los cerros Pelón, La Troje, La Cal y San Juan. (**Fotografía 5**)

Este vulcanismo riolítico, se manifiesta en toda la sierra de León-Guanajuato. Fuera del área se extiende en la Mesa Central.

Litología y espesor.- La gruesa secuencia de rocas volcánicas que se presenta en la carta, está constituida por emisiones de riolita (muestras LP-18 y LP-19), ignimbritas riolíticas (muestra LM-163, L-5 y L-6), andesíticas y corrientes piroclásticas (muestra LP-20 y LP-25), en algunas secciones, presentan flujo y pseudoestratificación; las características físicas varían con relación al evento predominante, así la coloración que presenta va de blanca a pardo

rojiza con tintes verdes, morados y violetas. Macroscopicamente se aprecian variaciones en cuanto a su grado de consolidación: varía de densa, mediana a pobre piroconsolidación; las estructuras típicas, son aparentemente fluidales, esferulíticas y de flama (fiamme); la textura característica es piroclástica-vitroclástica con matriz vítrea (Muestra LP-27 y LP-28.-) y sílice criptocristalino, producto de la desvitrificación; cristales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas, minerales opacos, esfena, circón y apatito se encuentran distribuidos heterogéneamente en la matriz en forma anedral-subedral; como minerales secundarios son comunes la hematita, sílice, sericita y minerales arcillosos.



FOTOGRAFIA 5. Mesa Cuatralba donde se aprecian los escarpes ignimbríticos que coronan la secuencia volcánica ácida.

El espesor en la porción noreste de la carta, es del orden de 900 m. (**Fotografía 6**)

Relaciones estratigráficas.- Cubre discordantemente al conglomerado polimítico; esta relación se expone en toda la carta; de igual manera cubre la "Andesita Bernalejo", "Granito Comanja", la Formación Guanajuato, en las inmediaciones de Bernalejo, al suroriente de la carta, en el Puerto Blanco y al oriente de San José de los Ranchos respectivamente, en la última localidad en el Cerro Pelón y presa de los Ranchos, cubre también en discordancia a la secuencia vulcanosedimentaria. Subyace en forma discordante a las rocas basálticas.

Edad y correlación.- La edad de esta unidad ha sido determinada por K/Ar en diversos trabajos, arrojando los siguientes resultados: 24.8 ± 1.7 Ma. (Labarthe y Aguillón, 1985), para el paquete de rocas que Labarthe y otros denominan "Riolita Panalillo" al igual que en trabajos de Martínez (1995). Nieto (1995), en una muestra tomada en la parte más alta de la secuencia sobre la carretera León-San Felipe, obtuvo una edad de 28.2 ± 0.7 Ma. (K-Ar), la cual la ubica en el Oligoceno -Tardío.

De acuerdo con las relaciones estratigráficas, a la Ignimbrita Cuatralba le corresponde una edad



FOTOGRAFIA 6. Escarpes de ignimbrita coronando la secuencia volcánica. Localidad Mesa de la Cuatralba.

Miocénica lo que permite correlacionarla con la secuencia volcánica superior de la Sierra Madre Occidental (McDowell F. y Clabaugh S., 1981) cuyas edades fluctúan entre 34 Ma. y 23 Ma. (Oligoceno-Mioceno temprano). También se le correlaciona con la unidad II y con la parte inferior de la Unidad III de Nieto- O. Et. al. (1985), en el estado de Jalisco, que corresponde al Mioceno.

Ambiente de depósito.- Es de tipo ígneo extrusivo en forma de emisiones y explosiones con flujos de ceniza, vitrófiros y tobas.

Está relacionada con la explosión de las rocas ígneas ácidas en el período de 20 Ma. a 40 Ma. ocurrida durante la regresión del arco magmático desde el interior del continente a la costa.

Condiciones geológico mineras.- Son contenedoras de la mineralización de estaño y mercurio en forma diseminada y en vetillas. Presenta horizontes favorables con perlita y caolín y otros para el aprovechamiento de cantera como material de construcción.

Basalto Dos Aguas (Tm B)

Definición.- El término "Basalto Dos Aguas" fue propuesto por Quintero L. (1992), para denominar a una unidad máfica que aflora al noroeste de León; ocupa una superficie aproximada de 100 Km²; forma

un alto topográfico conocido con el nombre de Cerro Dos Aguas.

Distribución .- El afloramiento más representativo y único se localiza en la porción sur-oriental de la carta, entre las rancherías de la Angostura y Jaramillo de Abajo.

Litología y espesor.- Presenta color gris oscuro a negro con manchas ocre-blancas, de textura afanítica y fanerítica, con presencia de vesículas en algunas partes y fracturamiento intenso.

Esta unidad máfica se presenta en forma de derrames; en el Basalto Dos Aguas microscópicamente se observa cristales de labradorita con cantidades subordinadas de piroxeno. embebidos en la matriz; están presentes cristales de olivino idingsitizados así como algunos cristales subedrales de orto y clinopiroxeno. El espesor dentro del área, es del orden de los 200m.

Al sureste de la carta, en la comunidad de San Antonio, se colectó la muestra L-13 clasificada como un pórfido andesítico.

Relaciones estratigráficas.- Se encuentra yaciendo encima y debajo simultáneamente de las rocas ignimbriticas de la secuencia volcánica. Esta relación se aprecia en la parte sureste de la carta.

Edad y correlación.- Por la posición que guarda con la secuencia volcánica, al Basalto Dos Aguas se le considera de una edad Mioceno Tardío; puede correlacionarse con el basalto calcialcalino de la Unidad III de la región de Santa Rosa-San Pedro Analco, Jal. para el que se tiene una edad de 8.52 ± 0.18 Ma.(Nieto O. Et. al, 1985), que corresponde al Mioceno Tardío, (Quintero L. 1992); Martínez R. J., (1987), le asigna una edad tentativa del Plioceno.

Ambiente de depósito.- Se depositaron en un medio ígneo extrusivo.

Condiciones geológico mineras.- No existe relación con mineralización dentro de la región.

Basalto (Qpt B)

Definición.- Martínez R. J, (1993), definió estas rocas de manera informal, denominándolas basaltos "El Cubilete".

Distribución.- Regionalmente, se encuentra aflorando en toda la sierra de León-Guanajuato. Dentro del área se presenta al surponiente donde forma la

Mesa Larga y en la comunidad de Paso de la Mesa; al norponiente la Mesa de San Joaquín; en las inmediaciones de Lagos de Moreno.

Litología y espesor.- El último evento volcánico, registrado en la región se llevó a cabo durante el Pleistoceno con una extrusión de basaltos con variaciones a andesitas.

Megascópicamente, la roca localizada en las inmediaciones de Lagos de Moreno, presenta color gris pardo a negro con manchas blancas, estructura compacta y textura afanítica.

Al microscopio esta unidad presenta textura microporfídica con matriz holocristalina; está constituida por plagioclasa intermedia (oligoclasa) distribuida homogéneamente en forma de micro a fenocristales tabulares, hornblenda subedral totalmente alterada a minerales opacos; en cantidades subordinadas se tienen: ortoclasa, hiperstena minerales opacos, apatito; los componentes secundarios son: calcita, hematita, sericita.

La muestra LP-26 se clasificó como un microporfido andesítico.

El espesor en la Mesa Larga, es del orden de los 200 m, en Lagos de Moreno de 100 m

Relaciones estratigráficas.- En la porción poniente, sobreyacen indistintamente en discordancia, a la secuencia volcánica ignimbrítica y conglomerado polimíctico; se encuentran cubiertos por depósitos de aluvión y suelo de poco espesor.

Edad y correlación.- Quintero L. (1992), Martínez R. (1993), los considera del Pleistoceno.

Ambiente de depósito.- La incidencia de Volcanismo basáltico está relacionada a los fenómenos de extensión seguida de la regresión del arco magmático.

Estas rocas, fueron extravasadas, a través de fisuras como en el caso de la fosa tectónica de Lagos de Moreno, que alberga, algunos conos volcánicos, como el de Lagos de Moreno y La Mesa Larga.

Condiciones geológico mineras.- La unidad basáltica, es utilizada en Lagos de Moreno de manera permanente, como materia prima en los agregados pétreos de diferente medida para la construcción.

Aluvión (Q al)

Definición.- Los depósitos aluviales, son considerados en el presente estudio como los materiales derivados del intemperismo y erosión de rocas preexistentes que se encuentran relleno de valles, cauces y márgenes de ríos y arroyos, así como los depósitos residuales y de pámonte.

Distribución.- Se encuentran ampliamente distribuidos en la superficie de la carta, principalmente relleno de la fosa tectónica de Lagos de Moreno.

Litología y espesor.- Están constituidos por fragmentos de la más variada composición y granulometría provenientes de la desintegración de rocas preexistentes. Se componen de cantos rodados subredondeados a redondeados; gravas, arenas, limos y arcillas, mal clasificados.

El espesor es desconocido.

Relaciones estratigráficas.- Generalmente se encuentran en discordancia sobre el conglomerado polimíctico del Oligoceno Superior, ambos relleno de la fosa tectónica de Lagos de Moreno.

Edad y correlación.- La edad que se le asigna a esta unidad es del Holoceno por ser los últimos depósitos clásticos presentes en la región.

Condiciones geológico mineras.- En la región de Lagos de Moreno, a lo largo de la fosa del mismo nombre, representan un gran potencial para la agricultura así como de importantes acumulaciones de agregados pétreos para la construcción (arenas y gravas).

III.2.3. Rocas Intrusivas

Rocas intrusivas de composición granítica de dimensiones batolíticas, se presentan intrusionando principalmente a la secuencia volcanosedimentaria, y en parte al conglomerado Guanajuato; esta relación se presenta en la parte centro-oriente de la carta.

Granito Arperos-Comanja (Tpa Gr)

Definición.- En Comanja de Corona y a lo largo de la sierra León-Guanajuato, se presenta un cuerpo intrusivo granítico de dimensiones batolíticas que ha sido descrito por Wittich (1909); este autor, hace mención de un granito de carácter pegmatítico en su estudio sobre los diques aplítico- pegmatíticos que afloran al sur del área, en la Mesa de la Estancia cerca del poblado de Arperos.

González R. (1959), estudió la relación entre el intrusivo y la mineralización en Guanajuato. el mismo autor, entre otros, lo denominaron "Granito de Arperos".

Quintero L. (1989-1992), propone nombrarlo "Granito Comanja", puesto que en la localidad de Arperos, no aflora y en el poblado de Comanja se exponen sus mejores afloramientos, con una superficie aproximada de 80 km². Ortiz H. L. E., et. al (1992) y Martínez R. J.,(1992), utilizan este nombre.

Distribución.- La mayor y mejor exposición del "Granito Comanja", se tiene en la porción sur-oriental de la carta, aflora sobre y en las inmediaciones del poblado de Comanja de Corona y se extiende en dirección sureste hacia la región de la Estancia de Comanjilla ubicada en la parte central de la sierra de León-Guanajuato.

Forma un batolito de aproximadamente 160 km² con afloramientos interrumpidos por la presencia de rocas de la secuencia volcanosedimentaria que se preservaron como colgantes en él.

El cuerpo mayor que aflora en la carta, se tiene en la zona de Comanja, presenta una forma burdamente elíptica cuyo eje mayor se orienta de noroeste a sureste; al norte y noreste desaparece bajo la secuencia volcanosedimentaria; al oriente y poniente queda sepultado por la cubierta volcánica cenozoica.

Generalmente se le observa en sitios donde la cubierta volcánica ha sido erosionada; los afloramientos del intrusivo ocurren en los llanos y bajos topográficos de la sierra de León-Guanajuato.

Litología y espesor.- El "Granito Comanja" megascópicamente, se presenta como una roca leucocrática, fanerítica con fenocristales de feldespato y cuarzo.

Chiodi M. (1986), mediante análisis químico de roca total, concluyó que el "Granito de Comanja" presenta una evolución magmática desde sienita alcalina-granito alcalino hasta granito hipercuarzoso.(**Figura 6**).

Las rocas del primer evento magmático (sienita alcalina), se encuentran como xenolitos dentro del segundo evento (granito alcalino-granito hipercuarzoso).

La sienita alcalina presenta al microscopio, una textura holocristalina hipidiomórfica equigranular, muy fracturada. Está constituida esencialmente por plagioclasas sódicas (oligoclasa) sericitizadas y feldespatos potásicos (microclina perfitica); el accesorio más común es biotita que se presenta en cristales tabulares diseminados y cloritizados; el apatito es de forma euhedral y se encuentra incluido en cuarzo y feldespatos.

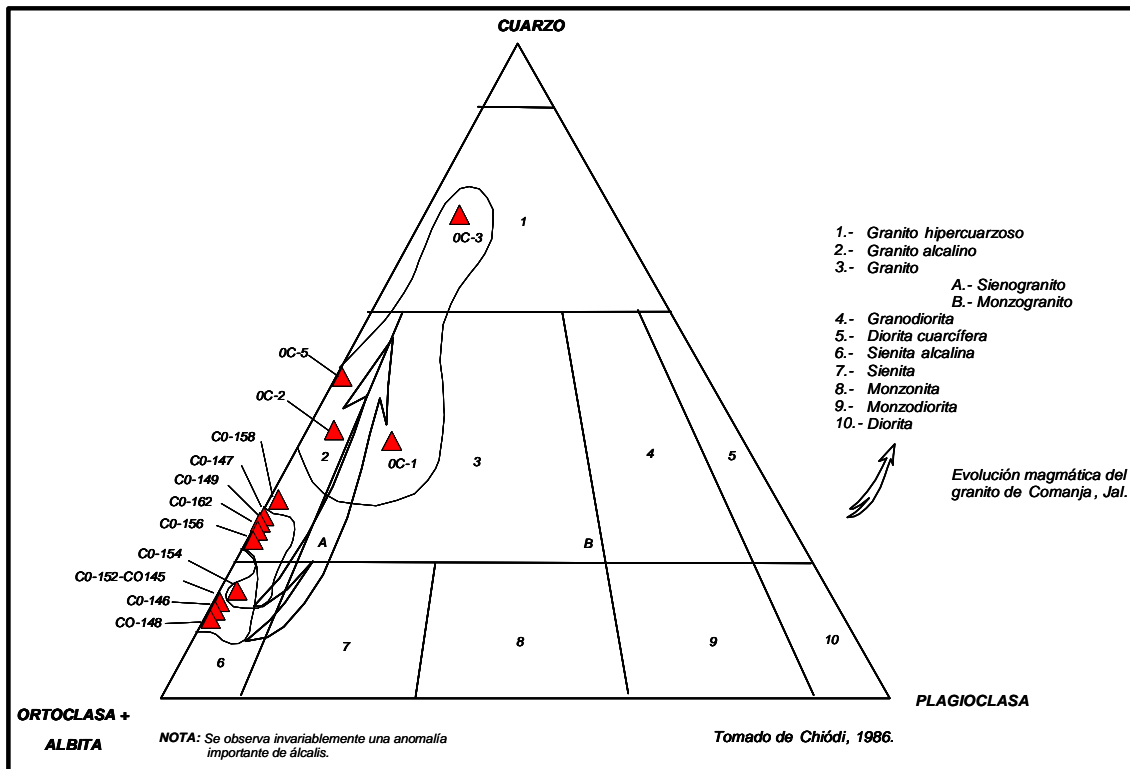


FIGURA 6. Clasificación normativa y evolución magmática del granito de Comanja

Las rocas del segundo evento, son predominantes; megascópicamente se presentan como una roca leucocrática, textura fanerítica con fenocristales de feldespato potásico y cuarzo; al microscopio su textura es holocristalina, hipidiomórfica, equigranular a inequigranular con abundante cuarzo y microclina perítica con inclusiones de apatito presentándose también incluido en biotita por lo general cloritizada. La muscovita, fluorita y especularita, son escasas, está última se observa intercrecida con clorita. La sericita afecta a las plagioclasas y las arcillas a los feldespatos potásicos, estos minerales como la clorita, son el resultado de los procesos de alteración hidrotermal ocurridos en la roca.

Este granito presenta afinidad magmática calcalina con enclaves de tendencia alcalina en el mismo.

Se colectaron 6 muestras y se clasificaron como: granito, las marcadas con clave LP-13 y L-12; diorita parcialmente metamorfoseada (L-4); micro-cuarzo-monzonita altamente silificada (L-9); pórfido dacítico (LP-14).

Relaciones estratigráficas.- Este intrusivo afecta a la secuencia volcanosedimentaria del Cretácico, a la caliza La Perlita del Cretácico Superior y en parte al Conglomerado Guanajuato y a su vez es intrusionado por diques aplíticos, dacíticos y pegmatíticos. **(Fotografía 7)**

Se encuentra alterado por fenómenos de turmalinización abundante asociada con sílice, se aloja en vetas, vetillas y fracturas, en forma disseminada y menos común cristaliza en rosetas.

El granito está cubierto en discordancia por la secuencia volcánica terciaria al surponiente y nororiente.

Edad y correlación.- Esta roca no está deformada ni metamorfoseada por lo que se considera postorogénico.

La edad del "Granito Comanja" ha sido determinada radiométricamente por diversos autores, Mújica y Albarrán (1983), reportan por el método de K/Ar en biotita, edades de 55 ± 4 m. a. y 58 ± 5 Ma., Zimmermann et al, (1990) reporta también por K/Ar en biotita edades de 53 ± 3 Ma. y 51 ± 1 Ma., que ubican al batolito en el Paleógeno, entre el Paleoceno Superior y Eoceno Inferior.

Ambiente de depósito.- Su origen es de tipo ígneo intrusivo con dimensiones batolíticas.

Por su composición mineralógica similar a los granitos de arco volcánico calcoalcalino y sus relaciones isotópicas indican un origen del manto con fuerte contaminación cortical. (Stein et. al, 1994).

Condiciones geológico mineras.- El "Granito Comanja" afecta a la secuencia volcanosedimentaria; forma pequeños cuerpos de skarn y vetas con mineralización polimetálica.



FOTOGRAFIA 7. Granito Comanja (Tpa GR) afectado por pórfido dacítico. Localidad arroyo Los Alambres.

Es de suma importancia, ya que en la zona de Comanja se emplazan estructuras vetiformes con mineralización auroargentífera y sulfuros de plomo, zinc, cobre. Regionalmente se considera generador de yacimientos polimetálicos en la sierra de León-Guanajuato y en las rocas que afecta.

Se altera a arenas que son aprovechadas en bancos usados como material para la construcción; la roca sana puede ser aprovechada como roca dimensionable.

III.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

III.3.1. Imágenes de satélite (Figuras 7 y 8)

Durante el análisis, se observó, hacia la porción centro oriente, una serie de lineamientos cuya expresión varía de rectilíneos, semicirculares o

circulares. Se encuentran en forma aislada o bien agrupados, formando sistemas que corresponden a los rasgos estructurales y estratigráficos donde las estructuras están relacionadas con fenómenos de plegamiento, fracturamiento, colapsos, intrusiones y aparatos volcánicos, entre otros.

En la porción norponiente se presentan dos sistemas de fracturamiento en la cubierta volcánica terciaria.

Los rasgos más característicos que se aprecian en la imagen de satélite corresponden a grandes fallas y fracturas que afectaron la zona y son el resultado de una actividad tectónica de distensión que generó estructuras tipo "horst" y "grabens" como son: La sierra de León-Guanajuato, falla del Bajío, falla de La campechana y la fosa tectónica de Lagos de Moreno entre otras.

Se reconocieron en la zona dos patrones principales de lineamiento. El primero con orientación NW-SE, con longitudes que van desde una docena de metros hasta varios kilómetros distribuidos en toda la carta.

El segundo de estos patrones está representado por lineamientos con rumbo NE-SW.

Los complejos circulares son de diferente tamaño y corresponden a cuerpos ígneos intrusivos de dimensiones batolíticas como el de Arperos-Comanja o aparatos volcánicos como los de: Lagos de Moreno, Mesa Larga y el de Dos Aguas.

Se distinguen estructuras anulares en la parte centro oriente y sureste.

III.3.2. Descripción de estructuras

Horst de Guanajuato.- Se encuentra limitado por dos fallas regionales paralelas de rumbo general NW 45° SE que se intersectan con el graben de Villa de Reyes; se le estima un ancho promedio de 12 Km por 40 Km de longitud; éstas fallas, son consideradas como la continuación de las del distrito minero de Guanajuato para el margen suroeste; para la porción noreste se tienen domos riolíticos y una serie de apófisis del intrusivo Nuevo Valle hacia su parte central, (Alvarado, 1997). Al noroeste, se encuentra limitada por la fosa tectónica de Lagos de Moreno, Jal.; hacia el sureste es truncado por el graben de la Saucedá y al surponiente por la falla de El Bajío.

Fosa tectónica de Lagos de Moreno.- Este rasgo estructural, es el más notable; delimita el horst de la sierra de León-Guanajuato en su extremo norponiente. Forma parte del denominado graben de "León-Ojuelos". Ocupa la porción central de la carta y se orienta con un rumbo que varía de NE40°-50° SW; se extiende dentro del área, por más de 35 Km con un ancho promedio de 15 Km. Es probable que el sistema NE-SW sea posterior al conjugado NW-SE ya que este último es truncado por el primero.

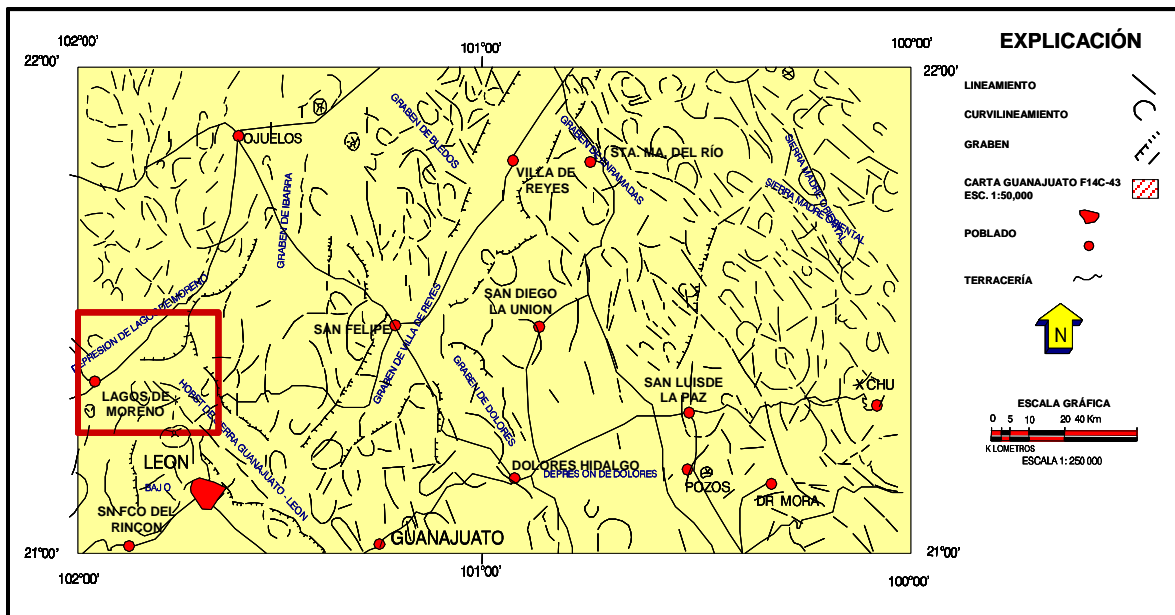


FIGURA 7. Interpretación de imagen de satélite

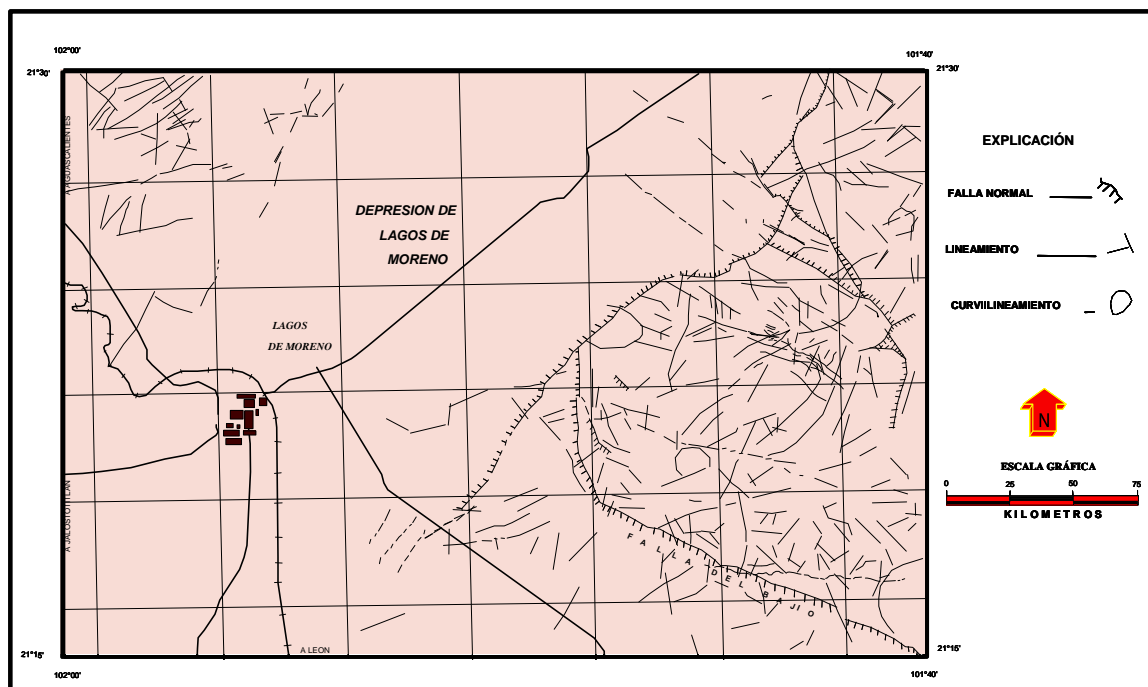


FIGURA 8. Interpretación de imagen de satélite

III.3.3. Interpretación del origen de las estructuras

El dominio estructural de la región está estrechamente relacionado a los procesos tectónicos, que ocurrieron en la cuenca mesozoica del centro de México; este dominio es consecuencia de los esfuerzos compresivos generados durante la orogenia Laramide y de los diversos eventos distensivos manifestados durante el Cenozoico, como producto del reajuste en el movimiento de las placas tectónicas que afectaron a las rocas mesozoicas y cenozoicas de la región.

Se presentan dos formas tectónicas de deformación. La primera de tipo compresivo, se observa en las rocas mesozoicas formada en un ambiente de arco insular de origen intraoceánico y marino de plataforma y cuenca, con metamorfismo regional de bajo grado. la segunda es de tipo extensional se presenta en la cubierta de rocas volcánicas del Cenozoico.

La secuencia volcanosedimentaria mesozoica, generalmente presenta estructuras características de deformación dúctil con superficies de esquistosidad de plano axial asociado a pliegues isoclinales y cabalgaduras. La orientación de las estructuras es predominantemente al noreste, lo que indica un movimiento del suroeste al noreste. Se generaron

por esfuerzos compresivos, de cizalla no coaxial y se presentan únicamente en las rocas de arco volcánico.

Tanto los lineamientos como los curvilineamientos de la porción centro-oriental de la carta, tuvieron su origen a partir de fenómenos de plegamiento, emplazamiento de domos e intrusiones, tal es el caso del intrusivo batolítico de Comanja.

Los rasgos estructurales más sobresalientes de la región, son una serie de lineamientos que están relacionados a un fallamiento normal a nivel regional; lo cual provocó un sistema de pilares y fosas tectónicas que conforman el graben de Lagos de Moreno. Esta morfo estructura delimita la sierra de Guanajuato en su extremo nor-poniente; ocupa la porción central de la carta y se orienta con rumbo NW40°-50°SW; se extiende por más de 35 Km con un ancho promedio de 15 km.

Los lineamientos perpendiculares transversales a este sistema corresponden a fallamientos normales y fracturamientos profundos como son los arroyos El Escorpión, El Berben, Guayamelos, río Bernalejo que afectan tanto al grupo volcánico como a la secuencia matasedimentaria y granítica.

Estos lineamientos en conjunto se presentan con una frecuencia de moderada a alta, los rumbos varían de N-S a NW65° SE y el otro perpendicular y transversal al primero cuyos rumbos van de N-S a NE60° SW. La conjunción de estos sistemas se encuentran estrechamente relacionados a estructuras geológicas tales como fallas e intrusivos, las que a su vez se relacionan con yacimientos minerales existentes principalmente al norte de Comanja.

Los curvilineamientos más notables corresponden a intrusiones y acumulaciones volcánicas con dimensiones que varían de 1 km a 8 km de diámetro.

El curvilineamiento de mayor dimensión es el representado por el intrusivo granítico de Comanja. Los menores se relacionan con la estructura principal y algunos están coronados por coladas de rocas volcánicas como son la Mesa de Santiago, al sur-oriente, Mesa de Lagos de Moreno al centro-poniente y el volcán de Dos Aguas al sur de la carta.

En el extremo nor-poniente son notables dos sistemas de fracturamiento en la cubierta volcánica terciaria. El más persistente se orienta con rumbos que varían de NE15° a 65° SW; un segundo sistema mantiene rumbo perpendicular variando de NW10° a 50° SE.

A consecuencia de esfuerzos extensivos, en el Cenozoico se presenta una fase que produjo una serie de fallas normales como la del Bajío que generó el graben del Bajío cuya orientación preferencial es noroeste-sureste y delimita la sierra de Guanajuato; este mismo sistema controló el emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos como el batolito Comanja-Arperos y en áreas específicas la ocurrencia de vetas.

El basamento ha sufrido los efectos de la deformación y el magmatismo; se presenta como una entidad geológica que ha estado sujeta a plegamientos, metamorfismo, intrusión y fallamiento, lo que forma una porción de la corteza con una historia geológica compleja.

Las rocas que muestran más claramente efectos de deformación pertenecen a la secuencia volcanosedimentaria que en la mayoría de los casos es paralela a la estratificación. Los intervalos pelíticos están intensamente foliados, en algunas localidades; esta característica es poco desarrollada.

Los efectos ocasionados en las rocas mesozoicas por la orogenia Laramide, pueden observarse a lo largo de la sierra de León-Guanajuato en donde se

aprecian pliegues de diversos tipos, envueltos por uno de forma anticlinal de rumbo noroeste-sureste en toda la sierra (Martínez R. J., 1987).

Las rocas mesozoicas y cenozoicas están afectadas por un sistema de fallas y fracturas conjugadas de un régimen tectónico de tipo distensivo que ha estado activo desde el Eoceno y ha sido reactivado indistintamente en diferentes periodos durante todo el Cenozoico (Aranda et. al 1989, Nieto, 1990).

El sistema de fallas conjugadas controla las principales estructuras cenozoicas, fosas tectónicas, calderas y domos asociados. El sistema de fracturamiento más notable dentro de la superficie de la carta presenta un rumbo NW40-80° SE y consiste principalmente de fallas normales, posiblemente también sea el más antiguo.

Las fallas que más destacan dentro de la carta son: El Bajío y La Campechana; fuera del área: La Virgen, Veta Madre, La Leona, Villalpando La Luz y El Cubo entre otras.

La falla de El Bajío presenta evidencias de movimiento lateral derecho (Mitre et. al 1989), su última actividad, ha sido vertical en el Cuaternario con desplazamientos de 500 a 800 m (Nieto, 1990), lo que provocó el levantamiento de la sierra de Guanajuato y originó su morfología actual (Nieto et. al 1992); además, controla la extravasación de rocas plio-cuaternarias de composición basáltica, así como la formación de fosas tectónicas como la depresión de El Bajío en la porción sur oriente de la carta.

El segundo sistema presenta rumbo que varía de NE40°-60° SW y se asocia a la tectónica extensional de sierras y valles (Henry y Aranda, 1992) que dieron origen a las fosas tectónicas de Lagos de Moreno, Villa de Reyes y La Saucedá, las dos últimas fuera del área.

III.4. TECTÓNICA

La historia tectónica de la porción centro y noroccidente de México, inició con la colisión de la paleoplaca del pacífico contra el cratón de Norteamérica durante el Paleozoico Tardío. Para el Triásico Superior, se origina un arco volcánico submarino el cual adopta una posición semiparalela a la margen del Pacífico. Simultáneo a este evento, da principio la apertura del Golfo de México y causa la transgresión marina que favoreció la formación de la cuenca mesozoica del centro de México con una columna sedimentaria de más de 5000 m.

La evolución del arco volcánico, se mantuvo hasta el Cretácico Superior, tiempo en el que fue acrecionado contra el continente; luego a su clímax con la orogenia Laramide. Durante el Eoceno-Oligoceno se manifiesta el regreso del arco hacia el oeste; a este proceso se asocian la formación de la Sierra Madre Occidental con un vulcanismo continental de naturaleza ignimbrítica. Dentro de las posibles causas de la extensión durante este período se incluye una reducción en el esfuerzo compresivo sobre el límite de la placa Farallon-Norte América hacia el oeste, debido a cambios en el movimiento relativo de la placa, colapso de una corteza más densa durante la orogenia Laramide y abatimiento de la viscosidad de la corteza por el fuerte pulso magmático del Terciario Medio (Coney y Reynolds, 1997; Spencer y Reynolds, 1986; Coney, 1987 en Sedlock et al 1994). Durante estos fenómenos geológicos, gran parte del noreste y centro de México fue afectado por fallamientos normales de alto ángulo (del Mioceno al Reciente Holoceno), típicos de la extensión "Sierras y Cuencas" de la gran cuenca mesozoica del centro de México, la extensión de este tipo, marca una edad de 10 m. a. a 15 m. a.

Regionalmente la carta queda comprendida dentro de la superficie del denominado terreno Guerrero (Campa U. M. F. y Coney P., 1983; Centeno et. al 1993) para otros autores, la región queda incluida dentro del terreno Tepehuano (Sedlock et. al 1993). La evolución tectónica de la región se inicia en el Jurásico Superior (Oxfordiano) cuando en el margen surponiente del cratón de Norteamérica, en un ambiente de arco de islas asociado a una zona de subducción en el poniente, se deposita la secuencia volcanosedimentaria de San Juan de la Rosa correlacionable con la sierra de León-Guanajuato; al mismo tiempo, hacia el oriente, en un ambiente de cuenca intracratónica, se deposita la secuencia volcanoclástica de la Formación Trancas. Durante el Jurásico Medio-Jurásico Tardío, la región se ve afectada por la apertura de una cuenca oceánica marginal relacionada a la apertura del Golfo de México. En la zona de subducción hacia el surponiente de la corteza oceánica de esta cuenca, se genera la formación de un arco insular intraoceánico, (Ortiz H. et. al 1989; Monod O. et. al 1990; Tardy M. et. al 1992 y 1994), que representa los productos iniciales de la actividad magmática del arco Alisitos-Teloloapan (Lapierre et. al 1992); para la región de estudio, estos procesos se manifiestan por el inicio de la depositación de los sedimentos de la Formación Esperanza en una cuenca marginal entre el arco (Arco Guanajuato) y el continente.

Sedlock et. al (1993) consideran que el arco de Guanajuato se desarrolló por la subducción hacia el oriente de la placa pacífica bajo México central.

Durante el Cretácico Inferior, continúa el desarrollo del arco insular intraoceánico y se incrementa la acumulación de sedimentos en la cuenca marginal; el Golfo de México prosigue su apertura y la dorsal del pacífico oriental, su acercamiento a la placa Norteamericana.

En el Aptiano-Albiano surge, por los esfuerzos de la subducción, la deformación de las unidades generadas durante los procesos de desarrollo de arco y acumulación de sedimentos en la cuenca. Para el Albiano, la inestabilidad tectónica provoca la deformación, metamorfismo de bajo grado y cabalgamiento de la secuencia volcanoplutónica, (Arco Guanajuato) sobre la secuencia volcanosedimentaria (Formación Esperanza). Este fenómeno volcánico representa una fase orogénica (Ortiz H. et. al 1992); es un ejemplo de colisión arco intraoceánico-Cratón (Freydier et. al 1996) lo que provocó un levantamiento y erosión de la zona de colisión.

A finales del Cretácico Superior (Campaniano) se manifiestan las primeras pulsaciones de la orogenia Laramide causada, según Coney P. (1976) por un cambio en la dirección del movimiento de la placa Americana con respecto a la placa Farallón; de oblicuo, pasó a ser frontal, con lo que aumentó la velocidad de subducción.

Este fenómeno, culmina en el Paleoceno (**Figura 9**), provoca el intenso plegamiento de las rocas mesozoicas y el cabalgamiento de las secuencias volcanosedimentarias del terreno Guerrero (Arco Alisitos Teloloapan) sobre las rocas de plataforma de la Sierra Madre Oriental (Campa U. y Coney P., 1983).

Contemporáneo a esta serie de deformaciones y debido a la migración del arco magmático al oriente, se presenta un magmatismo plutónico con el emplazamiento de cuerpos intrusivos posttectónicos de dimensiones batolíticas cuya máxima representación corresponde al Granito Comanja que aflora a lo largo de la sierra de Guanajuato, con una orientación noroeste sureste. Posterior al emplazamiento de los cuerpos intrusivos, se generan eventos de distensión con formación de fosas y pilares tectónicos; durante este período, se registra

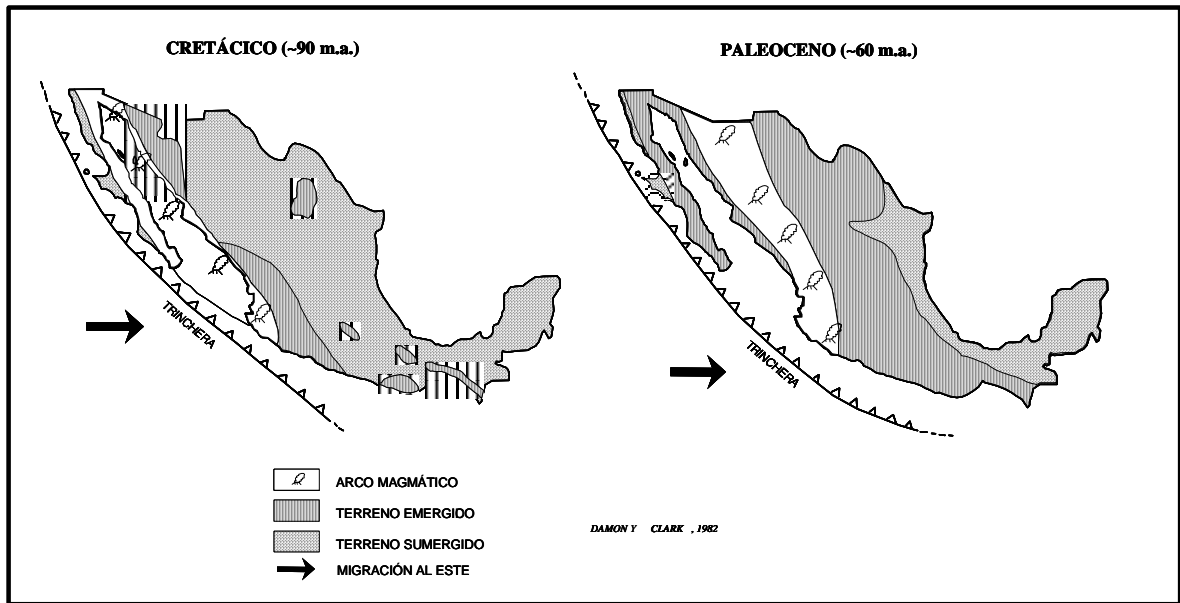


FIGURA 9. Plano tectónico del arco magmático continental.

un prolongado hiatus magmático durante el cual predominan la erosión y depositación de sedimentos clásticos continentales “Formación Guanajuato”, acumulada durante el Eoceno.

La zona de subducción de la corteza oceánica bajo la placa continental mantuvo una posición burdamente paralela; dió origen a procesos de actividad volcánica calcoalcalina, misma que migró hacia el este durante el Terciario Inferior a una velocidad mayor.

Un nuevo cambio en la dirección de las placas causó un descenso de velocidad y un aumento en el ángulo de subducción, de esta manera se dio lugar a que el arco magmático iniciase su retorno hacia el oeste. **(Figuras 10 y 11)**

A causa de estos procesos, la corteza continental sufrió una fragmentación lo que dio lugar a una serie de pilares y fosas tectónicas que corresponden a zonas de debilidad que originen los conductos por donde emergen las diferentes explosiones ignimbríticas ocurridas durante el Oligoceno-Mioceno

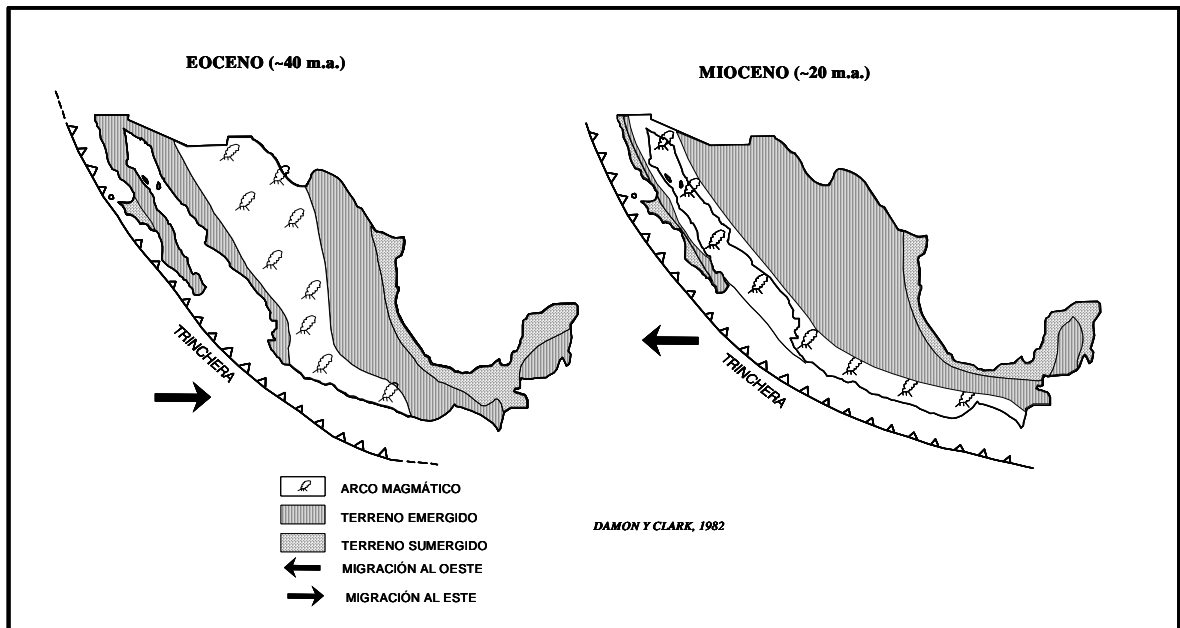


FIGURA 10. Plano tectónico del arco magmático continental.

en los campos volcánicos de la región (Ignimbrita Cuatralba) y sus correlacionables en San Luis Potosí, Aguascalientes entre otros.

El frente magmático generó la secuencia de rocas volcánicas del distrito minero de Guanajuato, fechado por Gross, (1975) utilizando (K-Ar) donde obtuvo desde 37 ± 3 Ma. para la unidad inferior (Formación Bufo) y 32 ± 1 Ma. en la unidad superior (Riolita Chichíndaro).

Posteriormente, sucedió el emplazamiento de la mineralización metálica asociada a la emisión de líquidos hidrotermales con lo cual culminó el ciclo volcánico.

La edad de la mineralización obtenida por Gross (1975) mediante fechamiento isotópico en minerales potásicos dieron un promedio de 28 Ma.

Este vulcanismo relacionado con el regreso del arco volcánico, marca el inicio de la fase tectónica denominada "Disturbio de Cuencas y Sierras, por (Damon et. al 1981).

Según Henry y Aranda, (1992), la tectónica distensional de Valles y Sierras surge debido a la colisión de la dorsal del pacífico con la trinchera, lo que produce un ambiente tectónico extensional.

Durante el cuaternario un nuevo fenómeno de

distensión está evidenciado por la extravasación de basaltos a lo largo de las fracturas.

Una nueva fase de fallamiento está representada por la activación de la falla El Bajío que provoca el levantamiento de la sierra de Guanajuato y afecta a los sedimentos clásticos continentales y basaltos plio-cuaternarios (Martínez R y Nieto, 1990).

Regionalmente, el último evento de actividad tectónica se manifiesta en el graben de la Saucedá, donde las fallas maestras afectan a la falla El Bajío. Las repercusiones tectónicas continúan latentes hasta la fecha y se encuentran representadas por la actividad hidrotermal asociada a fallas profundas existentes en varias localidades de la sierra de Guanajuato. (Randall et. al 1994).

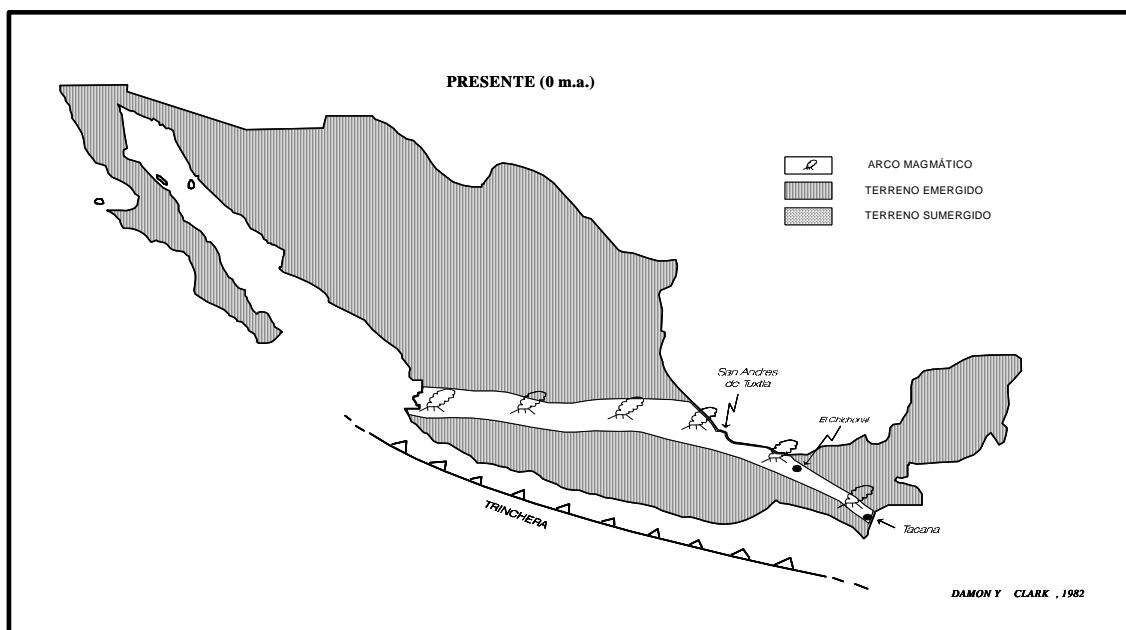


FIGURA 11. Plano tectónico del arco magmático continental.

IV.

IV.I. METÁLICOS

IV.1.1. Introducción

Dentro del marco geológico regional se tienen importantes yacimientos minerales metálicos, para los cuales según Damon et. al (1981), la presencia y distribución de ellos en la porción centro occidental de México, está relacionada directamente con un ambiente de arco magmático y su evolución espacio-temporal; estos yacimientos se definen por un zoneamiento marcado por franjas paralelas a la paleotrinchera orientada NW-SE.

En la carta se tiene un distrito minero y tres zonas mineralizadas: distrito Comanja, La Campechana (porción NW), El Roble-Las Peñitas y el Cuarenta-El Escorpión (**Figura 12**).

IV.1.2. Antecedentes

En todas las zonas mineralizadas, definidas durante el presente trabajo, se han realizado estudios geológico-mineros detalladas y de carácter regional principalmente por parte del Consejo de Recursos Minerales y el Instituto de Geología de la UNAM, y en segundo lugar por algunas compañías mineras.

Los primeros trabajos se iniciaron en el siglo XVI, en

la Mina El Horcón, en donde existió una explotación formal hasta fines del siglo XIX y principios del XX, cuando se dispuso de una planta de beneficio en la mina para trabajar predominantemente mineral aurífero. Durante 1980 y 1981 se operó a baja escala y se envió el mineral a Zacatecas.

El estado de deterioro en que se encuentran las obras mineras y las instalaciones de beneficio dan fe de su antigüedad, ya que las obras mineras están inundadas e inaccesibles y las instalaciones destruidas.

Se tienen referencias de que antes de 1803, el distrito minero de Comanja se encontraba activo, (Humbolt, 1803; en Alvarado M., 1981). El mineral se beneficiaba mediante quemado de roca; la evidencia se tiene en el horno de beneficio de la mina El Horcón.

Alvarado M. H. (1981), menciona que las minas se trabajaron continuamente hasta 1810; después de este tiempo, la explotación fue esporádica y realizada por pequeños mineros y gambusinos. Informa también, que por el año de 1873, el señor José Rincón Gallardo estableció una fundición de hierro; el material para el beneficio era obtenido de la parte sureste de Comanja.

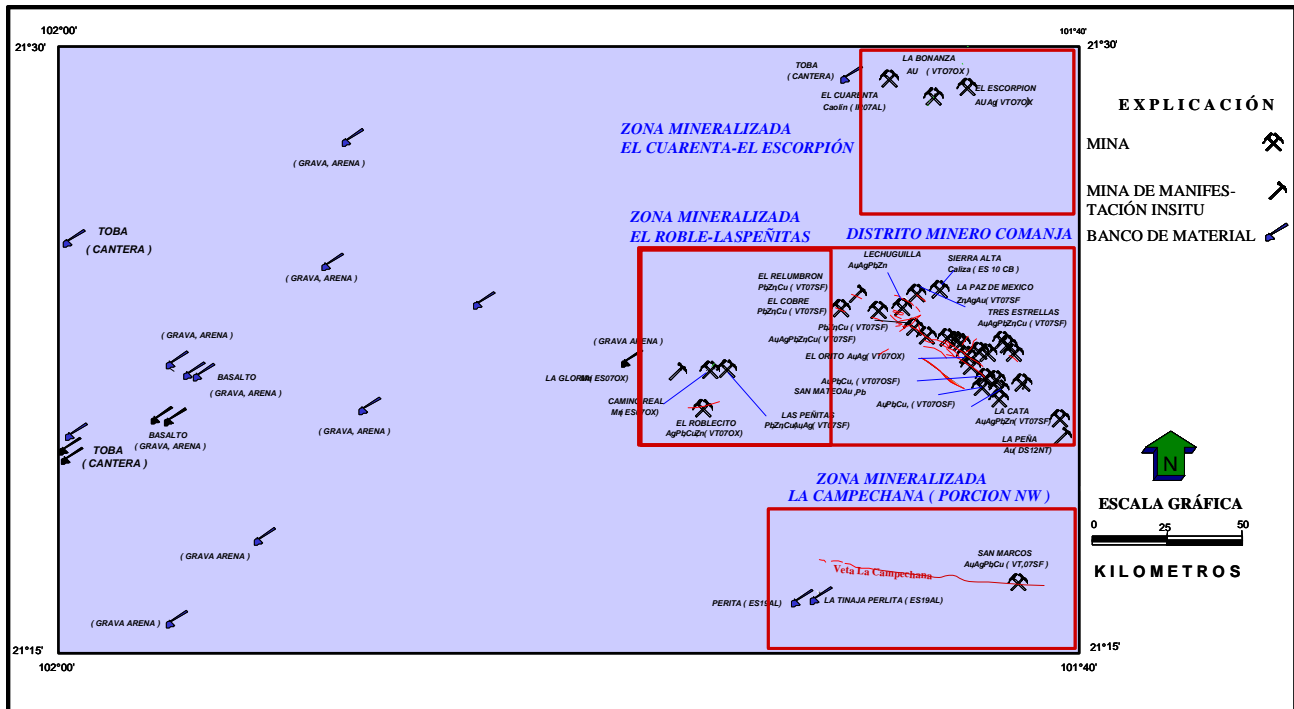


FIGURA 12. Plano de yacimientos minerales.

En 1974 y 1975, la zona fue estudiada por Echegoyen S. J. y otros quienes realizaron el estudio geológico regional denominado “Yacimientos Minerales de la Sierra de Arperos y Comanja, estado de Guanajuato” y concluye que la veta más importante es la de La Campechana tanto por su longitud y potencia, como por su mineralización.

En 1978, la Compañía Minera Las Cuevas, programó una barrenación de diamante en las estructuras Diamantillo y Santa Teresa, pero poco tiempo después abandonó la zona.

En 1980, la Compañía Metalúrgica de Comanja realizó algunos estudios geológicos de la mina El Horcón y los lotes Remedios I, II y Zirconia sin publicar resultados.

En 1981, la Gerencia de Exploración del Consejo de Recursos Minerales, realizó un estudio geológico, sobre los yacimientos minerales de Comanja de Corona, Jal., en el cual se reportó una cartografía a semidetalle, escala 1:10 000, datos de muestreo de las estructuras mineralizadas y cálculo de reservas potenciales. Alvarado (1981).

En 1986, Yta M. et al, de la Gerencia de Estudios Especiales del Consejo de Recursos Minerales, realizaron un estudio metalogénico en el área del Orito donde analizaron la paragénesis, sucesión y zoneamiento de la mineralización; propusieron una serie de eventos mineralizantes y las variables físico-químicas del sistema (P, T, salinidad), mediante el análisis de las inclusiones fluidas, definieron el tipo de alteraciones en la roca encajonante para ser utilizadas como guía hacia la mineralización; así mismo, determinaron el nivel donde se ubican las estructuras mineralizadas y delimitar la zona de metales preciosos y metales base. Se estableció el modelo genético de la mineralización para enfocar la exploración.

IV.1.3. Infraestructura minera

El área cuenta con una infraestructura básica para el desarrollo de la actividad minera: energía eléctrica, carretera pavimentada, caminos y brechas para llegar a las obras mineras antiguas. En la década de los 90's se pretendió la instalación de una planta de beneficio en el poblado de Comanja de Corona, Jal. hasta la fecha no se ha llevado a cabo dicho proyecto.

IV.1.4. Minas en explotación

Minas en producción no se tienen, pero esporádicamente son trabajadas algunas vetas (Diamantillo) en pequeña escala.

IV.2. DISTRITO MINERO COMANJA

Las estructuras mineralizadas en el distrito minero de Comanja están contenidas en una franja de rumbo NW40°-60°SE, enmarcadas en una superficie de 50 Km² aproximadamente (**Figura 13**). Las más importantes son: Diamantillo, El Orito, Melcocha, Villegas, Lechuguillas, El Relumbrón, El Cobre, La Paz de México, Esmeralda y Reyna.

Ambiente Geológico Regional

Aflora la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**) conformada por alternancia de lutitas, limolitas, calizas y andesitas, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado, facies de esquistos verdes; sobre éstas, descansan indistintamente de manera discordante la Formación Guanajuato (**Teo Cgp**) y la andesita Bernalejo (**To A**). El intrusivo Comanja (**Tpae Gr**) afecta a la secuencia volcanosedimentaria y en menor grado a la Formación Guanajuato.

Como consecuencia de la distensión ocurrida durante el Oligoceno Superior se desarrollan depósitos continentales de relleno de fosa; consisten de conglomerados polimicticos (**To Cgp-Ar**) cubiertos indistintamente en discordancia por la Ignimbrita Cuatralba (**ToTR-Ig**), cubre en discordancia a la secuencia del Cretácico y Paleógeno.

Tipo de Yacimiento

Con base en los estudios metalogénicos realizados por Yta M. (1986), se concluye que el tipo de yacimiento tuvo su origen a partir de sistemas hidrotermales en los cuales la depositación de minerales metálicos se realizó durante un proceso conformado por cuatro etapas de depósito; posteriormente se tiene un enriquecimiento supergénico. (**Tabla 1**).

Mineralogía y Alteraciones

Los minerales de mena son: oro nativo, calcopirita, esfalerita, neodigenita, galena, covelita, monacita, itrialita, especularita y molibdenita; los minerales de ganga son: cuarzo, turmalina, pirita, fluorita, calcita, sericita, caolinita, malaquita, azurita, clorita, hematita y limonita.

Las alteraciones hidrotermales reconocidas

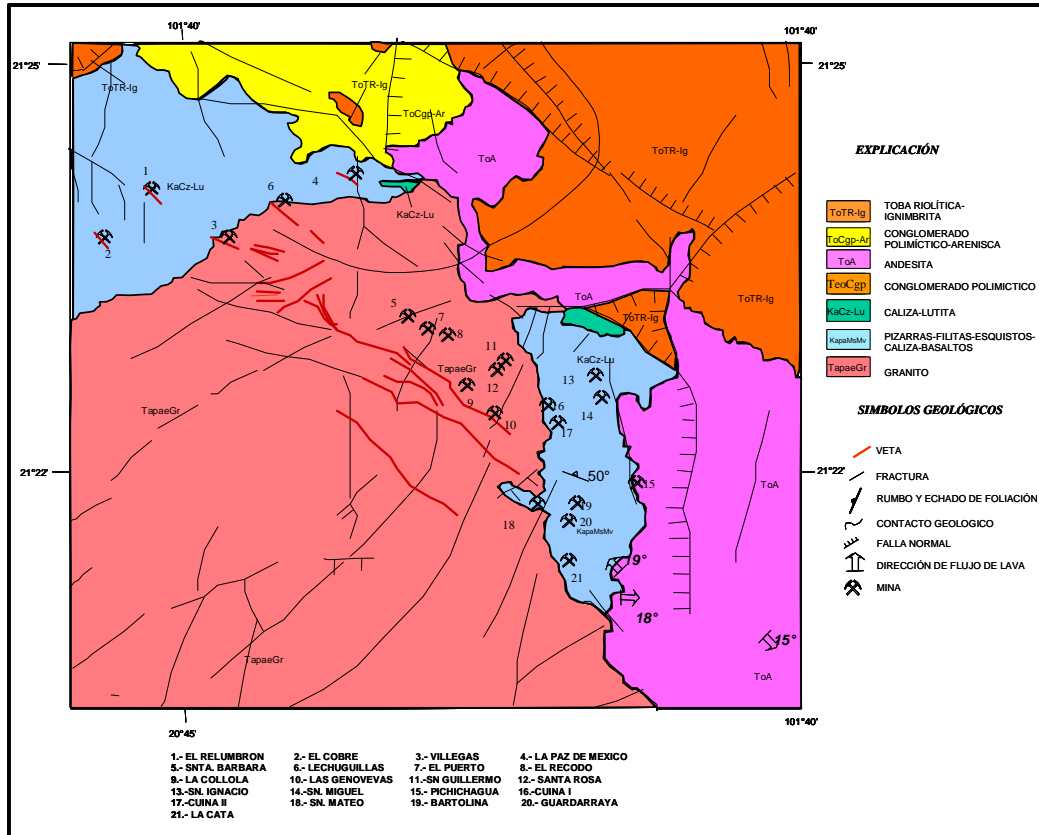


FIGURA 13. Distrito minero Comanja.

comprenden: filica avanzada e intermedia, argílica, potásica y oxidación; la primera se define por el conjunto turmalina-cuarzo-sericita-pirita asociados a calcopirita y molibdenita, constituye una guía hacia la mineralización cuprífera; la segunda definida por cuarzo-sericita-pirita, gradúa lateralmente a alteración cuarzo-sericita y sericítica en los respaldos de las estructuras puede considerarse como una guía directa hacia la mineralización hidrotermal.

La alteración potásica se reconoció en el alto de las estructuras Diamantillo y Melcocha; está definida por la ocurrencia de vetillas de microclina secundaria.

La oxidación se puede considerar como una guía excelente hacia la mineralización aurífera; se reconoce por su coloración rojiza debido a la presencia de hematita-limonita± caolinita; esta alteración forma un halo espectacular en las zonas de contacto entre la secuencia volcanosedimentaria y el intrusivo granítico Comanja.

Estructuras, leyes y potencial

Mina El Horcón (Veta Diamantillo). En el interior de la mina se observan varias estructuras con rumbo

general NW60°-SE y echados de 20° a 85° al SW; la más importante es la Veta Diamantillo que presenta un rumbo NW45°-SE y echados de 70° a 85° al SW, tienen un espesor promedio de 1.00 m y está reconocida en una longitud de 850 m. Se emplaza en el intrusivo granítico Comanja (**Tapae Gr**).

Con base en un estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1982 se obtuvieron reservas potenciales de 127,500 ton con leyes de 2 g/ton de oro, 76 g/ton de plata, 0.2% de cobre, 1.6% de plomo y 2.4% de zinc.

Dentro de esta mina se tienen también las vetas de Los Cruceros, El Ratón y Los Remedios con rumbos y echados similares al Diamantillo; estas estructuras no afloran y se encuentran comunicadas por medio de un crucero con desarrollo de 450 m y rumbo NE35°-SW, posteriormente cambia de rumbo: NW50°SE y NE2° SW con un desarrollo total de 750 m; estas vetas tienen reservas potenciales de 19,750 ton, para un total de 146,250 ton.

Según informe del Ing. Joustus Moll existe una zona de oxidación hacia la superficie en la cual se localizaron antiguamente clavos donde los valores

TABLA 1. DIAGRAMA DE PARAGÉNESIS-SUCESIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ALTERACION HIDROTHERMAL DEL ÁREA, EL ORITO COMANJA, MUNICIPIO DE LAGOS DE MORENO, JAL.

MINERALES	COMPOSICION	EVENTO Neumaolítico	EVENTO HIDROTHERMAL				ETAPA Supergénica
			1a. etapa	2a. etapa	3a. etapa	4a. Etapa	
Cuarzo	Si O ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Molibdenita	Mo S ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Turmalina	Na, Fe, B ₃ , Al ₃ (OH) ₄ (Al ₃ Si ₅ O ₂₇)	—————	—————	—————	—————	—————	
Oro	Au	—————	————— ?	—————	—————	—————	
Especularita	Fe ₂ O ₃	—————	—————	—————	—————	—————	
Apatita	3Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·Ca F ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Ittrialita	(Y, Th) ₂ Si ₂ O ₇	—————	—————	—————	—————	—————	
Monacita	(Ce, La, Nd, Pr) PO ₄	—————	—————	—————	—————	—————	
Calcopirita	CuFeS ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Esfalerita	ZnS	—————	—————	—————	—————	—————	
Galena	Pbs	—————	—————	—————	—————	—————	
Pirita	FeS ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Fluorita	CaF ₂	—————	—————	—————	—————	—————	
Clorita	Mg ₃ , Al(Si ₂ , Al ₁)Oro(OH) ₃	—————	—————	—————	—————	—————	
Sericita	KAl ₂ (OH) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)	—————	—————	—————	—————	—————	
Caolinita	Al ₂ O ₃ ·2Si O ₂ ·2H ₂ O	—————	—————	—————	—————	—————	
Montmorillonita	[(Mg, Ca)O Al ₂ O ₂ SiO ₂ nH ₂ O	—————	—————	—————	—————	—————	
Covelita	CuS	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Neodigenita	Cu ₉ S ₅	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Malaquita	Cu ₃ CO ₃ (OH) ₂	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Azurita	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Calcita	Ca CO ₃	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Hematita	Fe ₂ O ₃	—————	—————	—————	—————	—————	—————
Limonita	H ₂ Fe ₂ O ₄ (H ₂ O) _x	—————	—————	—————	—————	—————	—————
		Fílica avanzada	Silicificación				Oxidación
			Fílica intermedia				
		Potásica	Cuarzo - Sericítica				

Tomado de Yta M. y Ortiz H. 1986

de oro son mucho más altos que los de plata, ejemplo La Tumba con 218 g/ton de oro.

Veta El Orito.- Presenta un rumbo general NW60°SE con echados de 80° a 85° al SW y un espesor promedio de 0.47 m con longitud de 850 m. Se emplaza en el intrusivo granítico Comanja (Tpae Gr). Con base en el estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1982 se obtuvieron reservas probables de 1762 ton y 71,675 ton potenciales las primeras con leyes de 10.75 g/ton de oro, 170 g./ton de plata, 0.06 % de cobre 0.27 % de y plomo 0.23 % de zinc. Estos valores, definen una zona de enriquecimiento supergénico en superficie en una longitud de 100 m en el pozo El Orito.

Veta la Melcocha.- Presenta rumbo NW 40° SE y echado de 35° al SW, se manifiesta como un crestón silicificado reconocido en una longitud de 1000 m, espesor promedio de 0.80 m y profundidad de 90 m; se emplaza dentro del intrusivo granítico de Comanja (Tpae Gr).

En un estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1982 se informan las siguientes reservas mineras: para la porción norponiente de la estructura se tiene una zona de oxidación donde las leyes son de 0.75 g/ton de oro y 100 g/ton de plata; para el resto de la veta se tienen: 0.25 g/ton de oro, 35 g/ton de plata, 0.03% de cobre, 0.15% de plomo, 0.15% de zinc para un total de 177 000 ton de reservas potenciales.

Veta Villegas.- Presenta un rumbo general NW 60° SE, un echado de 57° SW, su espesor promedio es de 1.0 m y 400 m de longitud; se emplaza dentro del intrusivo granítico de Comanja (Tpae Gr).

En el estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales, la veta contiene 50 000 ton de reservas potenciales con 0.35 g/ton de oro, 35 g/ton de plata, 0.158% de cobre, 1.96% de plomo y 19.9% de zinc.

Veta Lechuguillas.- Presenta un rumbo NW 55° SE, echado 37° SW y un espesor de 1.0 m por 600 m de longitud.

Se emplaza en el intrusivo granítico Comanja (Tpae Gr).

El Consejo de Recursos Minerales calculó 75 000 ton de reservas con las siguientes leyes: 0.64 g/ton de oro, 32 g/ton de plata, 0.23% de cobre, 0.66% de plomo, 13.22% de zinc.

Veta El Relumbrón.- Veta falla con rumbo NW 58° SE y echado 57° al SW, espesor de 0.40 m, por 50 m de longitud. Se emplaza en la secuencia volcanosedimentaria (Kapa Ms-Mv).

En un estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales se establecieron 1000 ton de reservas potenciales con las siguientes leyes: 0.25 g/ton de oro, 38 g/ ton de plata, 0.56% de cobre, 4.86% de plomo, 0.91% de zinc.

Veta El Cobre.- Presenta un rumbo NW 60° SE y echado de 45° al SW, espesor promedio de 0.60 m, longitud de 60 m; se emplaza en la secuencia volcanosedimentaria (Kapa Ms-Mv).

En un estudio realizado por el Consejo de Recursos Minerales obtuvieron 1350 ton de reservas con las siguientes leyes: 0.55 g/ton de oro, 42 g/ton de plata, 0.63% de cobre, 0.06% de plomo, 0.12% de zinc.

Veta La Paz de México.- Presenta rumbo NW 50° SE y echado de 51° SW, espesor promedio de 0.54 m, longitud de 120 m, se emplaza en la secuencia volcanosedimentaria (Kapa Ms-Mv) y en el intrusivo granítico Comanja (Tpae Gr).

Anteriormente el Consejo de Recursos Minerales obtuvo 3840 ton de reservas con las siguientes leyes: 0.50 g/ton de oro, 28 g/ton de plata, 0.05% de cobre y 11.75% de zinc.

Veta Esmeralda.- Presenta un rumbo NE 60° SW con 60° al SE, espesor promedio de 1.20 m, longitud 800 m, y un desnivel topográfico de 120 m, se emplaza dentro del intrusivo granítico de Comanja (Tpae Gr).

En el estudio anterior, se obtuvieron 288 000 ton de reservas con leyes promedio de 0.31 g/ton de oro, 18g/ ton de plata, 0.03% de cobre, 0.09% de plomo y 0.18% de zinc.

Veta La Reyna.- Tiene un rumbo NE 55° SW y echado de 55° al SE, espesor promedio de 1.0 m, longitud de 1100 m, y se observó en un desnivel topográfico de 90 m, La roca encajonante es el intrusivo granítico de Comanja (Tpae Gr).

Veta Santa Teresa.- Presenta rumbo general NW 45° SE con echado de 45° al SW, espesor promedio 0.70 m y longitud reconocida de 1200 m. El muestreo realizado de manera superficial sobre estructura dio valores de: 0.05 a 2.45 g/ton de oro. Se encuentra contenida en el intrusivo granítico Comanja (Tpae Gr).

Veta Almandina.- Tiene un rumbo NW 45° SE con 55° al SW, espesor promedio de 0.70 m. Se encuentra emplazada en el granito Comanja (**Tpae Gr**).

San Mateo, Bartolina, Guardarraya, Tres estrellas.- Obras mineras inaccesibles realizadas sobre estructuras de forma tabular irregular con carácter brechoide contenidas en la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**) e intrusivo granítico (**Tpae Gr**). Presentan rumbos semejantes a los de las estructuras principales y varía de NW 40°-60° SE con echados de 25° a 60° al SW; por lo general son menores a 1.00 m. de espesor.

Santa Bárbara, El Puerto y el Recodo.- Las obras mineras de Santa Bárbara, El Puerto y El Recodo, están labradas sobre estructuras mineralizadas, estas se encuentran completamente inaccesibles.

Las vetas presentan rumbo que varía de NW 60° - 70° SE con echados de 65° - 70° al SW y encajonan en el intrusivo granítico Comanja (**Tpae Gr**).

IV.3. ZONA MINERALIZADA DE LA CAMPECHANA (PORCIÓN NW)

La mineralización en la zona de La Campechana se encuentra enmarcada en una superficie de 60 km², se reconocieron algunas estructuras siendo la principal la veta falla de La Campechana y algunas otras de menor longitud y espesor (**Figura 14**).

Ambiente geológico regional

Afloran rocas de la secuencia volcanosedimentaria

(**Kapa Ms-Mv**) de edad Jurásico Superior – Cretácico Inferior; está constituida por calizas, lutitas, lavas almohadilladas andesítico - basálticas, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado en facies de esquisto verde; en los bordes de la zona de reacción con el intrusivo granítico Comanja (**Tpae Gr**) se generaron zonas incipientes de skarn y corneanas. En discordancia sobreyace la secuencia volcánica ácida de edad Oligoceno (**To TR-Ig**); en estas rocas se tiene intercalado el basalto Dos Aguas (**Tm B**). Su afloramiento ocurre en la parte sur de la zona.

Tipo de yacimiento

Las estructuras mineralizadas de la región se manifiestan por lo general como filones de relleno de fisura. Por la semejanza que presenta con las estructuras del distrito minero de Comanja donde se realizaron estudios metalogenéticos y de oclusiones fluidas, es posible ubicarla dentro de los mismos procesos mineralizadores.

Mineralogía y alteraciones

La mineralización consiste de sulfuros de plomo, zinc y cobre con valores de oro y plata. Las alteraciones son oxidación y silicificación.

Estructura leyes y potencial

Veta la Campechana.- Presenta un rumbo que varía de NW 80° SE a E-W con echados de 35° a 55° al S-SW, espesores locales de 3 m, que varían hasta 20 m; tiene una longitud de 8 km, se extiende hacia el sureste, fuera de la carta, para un total de 25 km.

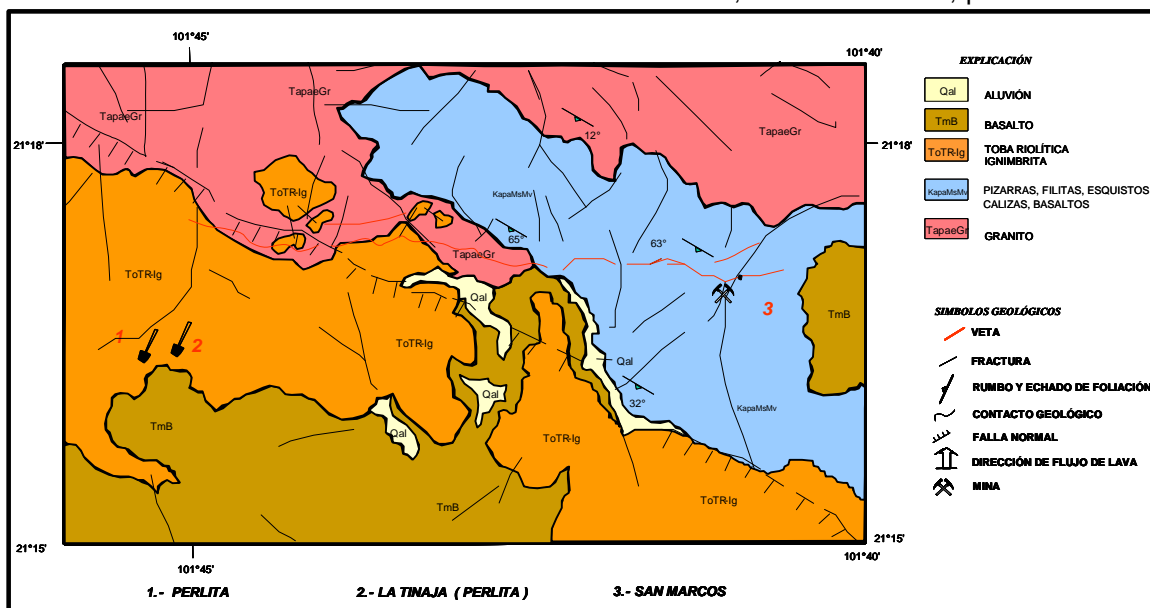


FIGURA 14. Zona mineralizada La Campechana (porción NW)

(Fotografía 8)

Esta estructura ha sido trabajada superficialmente por plomo, zinc, cobre, oro y plata como se hace notar en las obras mineras inaccesibles localizadas en las márgenes del arroyo Santiago; se tienen algunas obras más recientes de poco desarrollo sobre la estructura.

El potencial es altamente positivo dada la longitud y desnivel topográfico mínimo de 50 m.



FOTOGRAFIA 8. Veta La Campechana con rumbo N80°W-50°SW encajonada en granito.

IV.4. ZONA MINERALIZADA EL ROBLE – LAS PEÑITAS

Se desconocen las fechas precisas del tiempo en que se llevaron a cabo las actividades mineras dentro de la zona, la obra principal se localiza en la cuneta de la terracería que va de Lagos de Moreno a Comanja de Corona (km 16). Obras de menor desarrollo se localizan en las inmediaciones de las rancherías las Peñitas y Rancho Seco (**Figura 15**).

Ambiente geológico regional

Las rocas que afloran son parte de la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**), de la formación Esperanza, conformada por una alternancia de lutitas, limolitas, calizas, y andesitas afectadas por metamorfismo regional de bajo grado, facies de esquistos verdes; sobre éstas descansan en forma discordante la formación Guanajuato (**Teo Cgp**) y la andesita Bernalaje, (**To A**); esta última también sobreyace a la formación Guanajuato. La secuencia volcánica ácida (**To TR-Ig**) sobreyace a las rocas andesíticas. Depósitos conglomeráticos (**To Cgp-Ar**)

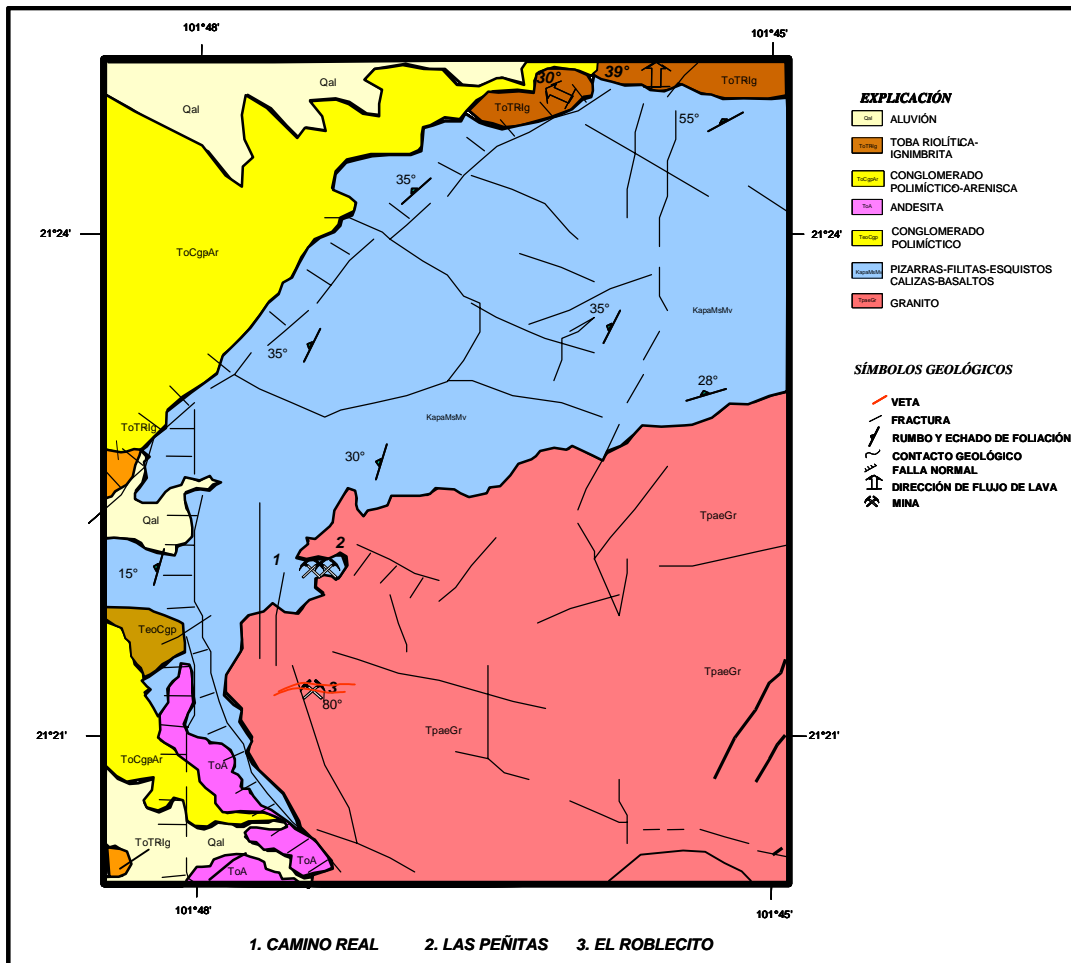


FIGURA 15. Zona mineralizada El Roble-Las Peñitas.

se encuentran como relleno de fosas. El contacto inferior no está expuesto, pero se supone discordante, sobre las unidades más antiguas; se encuentra cubierto por las rocas de la ignimbrita Cuatralba o bien por las rocas basálticas (**Tm B**), (**Qpt B**).

Tipo de yacimiento

Las estructuras mineralizadas de la región se manifiestan, por lo general, como filones epitermales de relleno de fisura.

Mineralogía y alteraciones

En la obra minera el Roblecito, la mineralización observada está formada por una zona de oxidación con pirolusita, trazas de braunita con la cual posiblemente están asociados los minerales de plata; en algunas fracturas son notables los sulfatos de cobre. A unos 25 metros debajo de la superficie se tiene la zona de transición entre óxidos y sulfuros, se incrementa el contenido de pirita y disminuyen los minerales de manganeso. Es característica una oxidación intensa, turmalinización y silicificación.

Maldonado R. J. (1981) reporta mineralización de cobre nativo calcopirita, bornita, y plata nativa finamente diseminada.

El manganeso (braunita), se encuentra en las estructuras de la Gloria y el Camino Real.

Estructura leyes y potencial

Veta el Roble.- La estructura principal consiste de una veta con rumbo general NW 75° SE con 75° al SW, con una flexión de rumbo NE 80° SW y echado de 55° al SE. En superficie su traza consiste de una veta con turmalina, cuarzo, óxidos de fierro y manganeso. El espesor varía de 0.20 a 1.10 m con 800 m de longitud; se encuentra emplazada en el intrusivo granítico Comanja (**Tpae Gr**).

Con base en un estudio realizado por personal del Consejo de Recursos Minerales, obtuvieron valores que van de 1 a 57 gr/ton de plata y de 0.01 % a 0.45% de cobre; en una de las muestras tomada en el interior de la mina se obtuvo 245 gr/ton de plata y 1.14% de cobre.

Estructura La Gloria.- Consiste de un cuerpo estratiforme de rumbo NW 15° SE con 30° de echado al SW; la mineralización consiste de braunita; se encuentra interestratificado en la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms Mv**), se le observa en una zanja de 10 m de longitud por 2.80 de ancho y 3 m de altura, de una muestra se obtuvo 18.10% de manganeso.

Estructura Camino Real.- Cuerpo estratiforme de rumbo NW 35° SE y 45° de echado al SW se encuentra interestratificado en la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**). Se aprecia en un tajo de 25 m de longitud 5 m de ancho y 4 m de altura, una muestra dio 23.30 % de manganeso.

Veta las Peñitas.- Consiste de una veta de rumbo NW 40° SE con echado de 60° al SW, longitud de 60 m por 0.30 m de ancho; se encuentra emplazada en la secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**) e intrusivo granítico Comanja (**Tpae Gr**).

IV.5. ZONA MINERALIZADA EL CUARENTA – EL ESCORPIÓN

Se desconoce el tiempo en que se realizaron actividades mineras en la zona salvo algunas visitas de reconocimiento relativamente recientes entre ellas se tienen la de García H. (1992) al lote minero de Santa Cruz (**Figura 16**).

Ambiente geológico regional

Las unidades litológicas expuestas en la zona están representadas por una secuencia volcanosedimentaria (**Kapa Ms-Mv**), este afloramiento es el que se presenta más al norte en lo que respecta a la sierra de León - Guanajuato. Aflora al oriente y 2 Km del rancho Santa Cruz, está conformada por una alternancia de lutitas, limolitas y calizas, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado, facies de esquistos verdes, sobre estas rocas descansan en forma discordante y de manera indistinta la Formación Guanajuato y la andesita Bernalejo (**To A**).

Los depósitos continentales de relleno de fosa, consisten de conglomerados polimícticos (**Te Cgp-Ar**), con fragmentos de rocas sedimentarias graníticas y volcánicas cubiertos por la ignimbrita Cuatralba (**To TR-Ig**); esta última representa el evento volcánico más ampliamente distribuido en la zona. Se encuentra constituida por emisiones de riolita, ignimbrita riolítica, andesita, y flujos piroclásticos.

Tipo de yacimiento

El origen de la mineralización es hidrotermal, generada a partir de la circulación de soluciones hidrotermales enriquecidas y depositadas mediante procesos físico – químicos en zonas de fallas y fracturas.

Se tienen estructuras con rumbo NE 70° SW con echado de 70° al SE. (**Fotografía 9**).

Mineralogía y alteraciones



FOTOGRAFIA 9. Acercamiento veta de cuarzo bandeado. Zona mineralizada El Cuarenta-El Escorpión.

La mineralización consiste de casiterita como mineral de mena de estaño con ganga de cuarzo, óxidos de hierro y manganeso. (**Fotografía 10**)

Estructuras leyes y potencial

La estructura principal, presenta rumbo NE 70° SW

con echado de 70° al SE. La muestra **LME-86** dio 2.70 gr/ton de estaño.



FOTOGRAFIA 10. Secuencia de eventos volcánicos, el superior aloja mineral de estaño (casiterita). Localidad cerro del Escorpión.

IV.6. NO METÁLICOS

En lo que respecta a los minerales no metálicos se tienen cerca de Comanja de Corona bancos, de caliza, que se trabajan a pequeña escala para la obtención de cal.

Alvarado M. H. (1992) calculó para las calizas de La Perlita (**Ks Cz-Lu**) (Sierra Alta) un potencial de 2 730

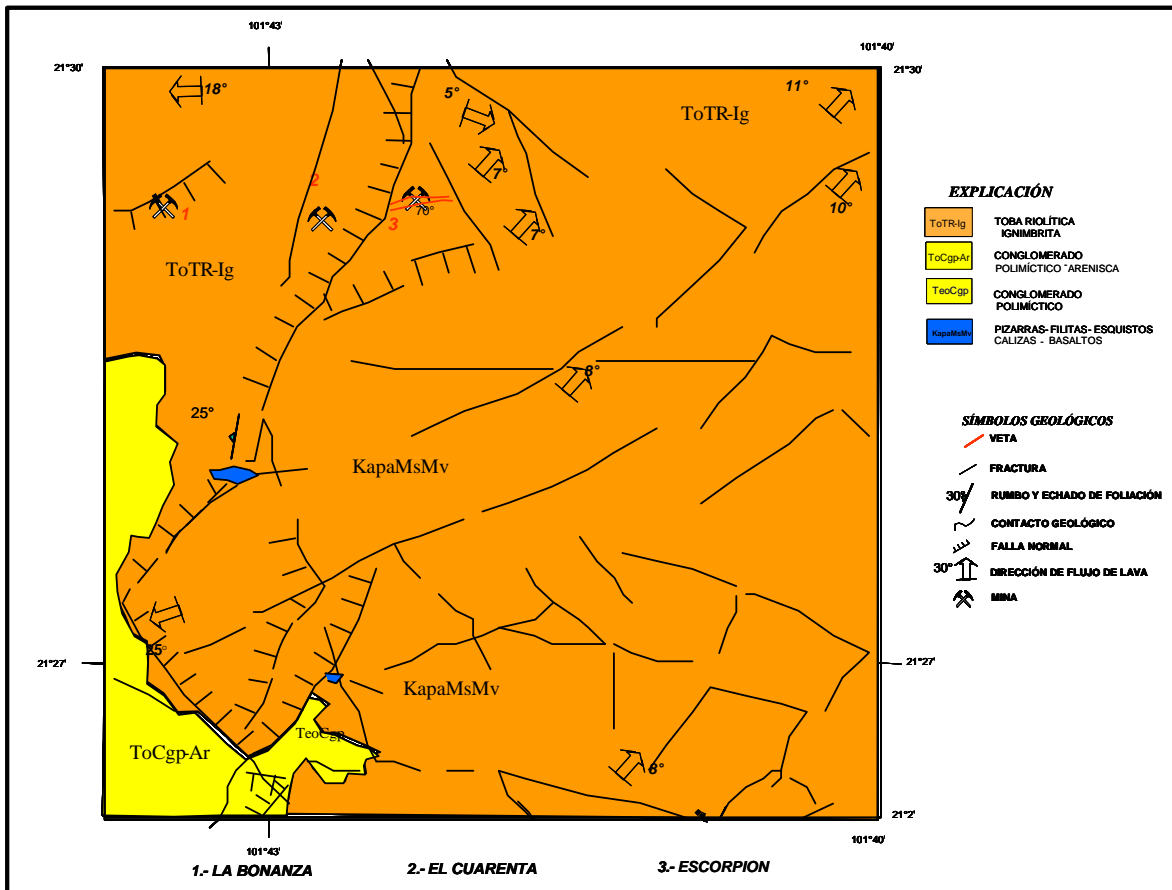


FIGURA 16. Zona mineralizada El Cuarenta-El Escorpión.

000 de reservas probables y 1 560 00 de toneladas posibles.

Al sureste de Jaramillo de Arriba, se tienen importantes horizontes de perlita dentro de la secuencia volcánica **(To TR-Ig)**.

De igual manera en la zona El Cuarenta-El Escorpión se tienen yacimientos de caolín y perlita contenidos en las tobas riolíticas. **(Fotografía 11)**



FOTOGRAFIA 11. Zona de caolín, alojado en toba riolítica (To TR-Ig) Localidad, al NE de Santa Cruz.

La unidad basáltica localizada en las inmediaciones de Lagos de Moreno, es explotada de manera permanente para la obtención de agregados pétreos; asimismo, las tobas riolíticas se explotan para cantera en pequeña escala y se utiliza en la industria de la construcción **(Fotografía 12)**. Otra de las fuentes importantes de explotación de arena y grava es el río Bernalejo.



FOTOGRAFIA 12. Toba riolítica utilizada como banco de cantera, al surponiente de Lagos de Moreno.

V. MODELO DE YACIMIENTOS

V.1. INTRODUCCIÓN

Los yacimientos minerales son el resultado de una serie de procesos geológicos concentradores ya sea endógenos o exógenos; entre estos procesos, se tienen los magmáticos, magmáticos hidrotermales, hidrotermales, volcanogénicos exhalativos, metamórficos y sedimentarios. Para la generación de un depósito mineral, se requiere de un origen de los elementos y de una serie de procesos mediante los cuales se llegue a la concentración de ellos. Estos procesos pueden ser bastante variados para distintos tipos de depósito, el buen entendimiento y comprensión de ellos, es de vital importancia para la planeación de los criterios de exploración.

Cada uno de estos tipos y formas de mineralización, dependen de los distintos procesos geológicos que ocurrieron en algún tiempo y espacio y están sujetos al ambiente tectónico en el cual se formaron. En la **figura 17**, se resumen los distintos ambientes geológicos en los cuales pueden ocurrir procesos geológicos que conllevan a la formación de depósitos minerales.

En ella se reconocen ambientes de Rifting Continental, de Colisión Corteza Continental-Corteza Oceánica, de Colisión Corteza Oceánica-Oceánica, de Rifting Oceánico y de Colisión Continente-Continente. Cada uno de estos ambientes tiene sus propias características magmáticas, metamórficas y sedimentarias y serán más o menos propicias para la

generación de ciertos tipos de depósitos minerales específicos según ambiente.

La fuente de agua será también fundamental y característica de cada ambiente tectónico. La proveniencia de agua puede ser magmática, meteórica, oceánica, sedimentaria (aguas connatas) y metamórfica (deshidratación de minerales hidratados o bombeo tectónico). **Figura 17**

V.2. MODELO DE YACIMIENTOS

Un modelo de yacimientos implica establecer la relación que guarda una gran cantidad de parámetros que intervienen en los procesos generadores de depósitos minerales. Algunos de estos son: temperatura, presión, litología, fuente de agua, permeabilidad, Eh, pH, fO₂, fS₂, ambiente tectónico, etc.

El área de estudio se caracteriza por situarse en un ambiente tectónico de convergencia de placas con arco magmático asociado que evolucionó espacial y temporalmente desde finales del Mesozoico y gran parte del Terciario.

Los depósitos minerales más comunes en ese ambiente, se manifiestan como vetas epitermales y en algunos casos se tienen zonas de brechamiento (stockwork); En este tipo de depósitos, prevalece un control estructural y litológico, en el que la mineralización se aloja en zonas de fallas y fracturas

Tectónica de Placas y Ambientes de Formación de Depósitos

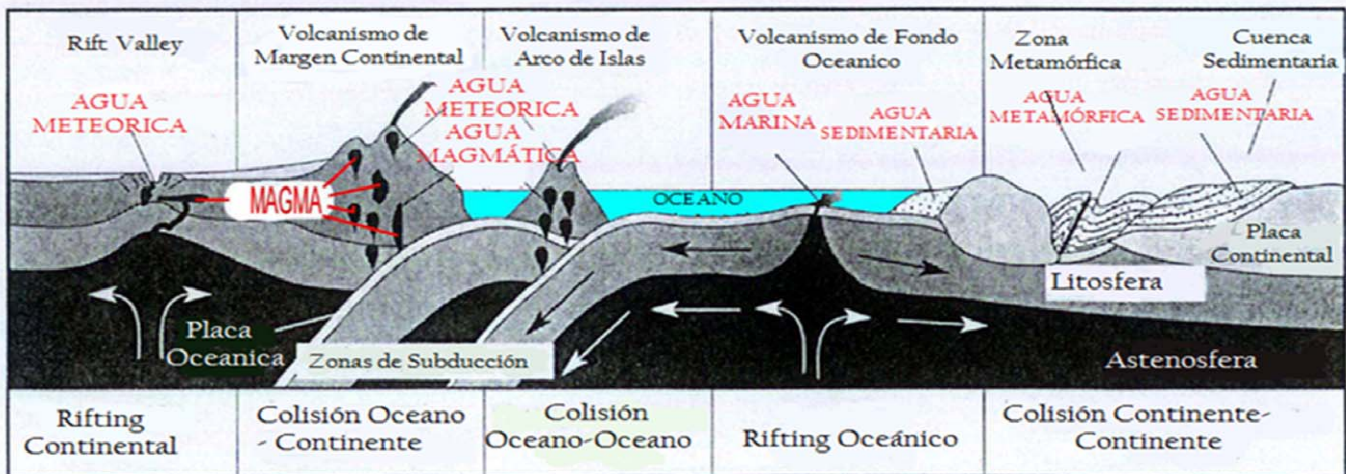


Figura 17. Tectónica de placas y ambientes de formación de depósitos para zonas de Rifting Continental, Colisión corteza oceánica - continental, Colisión corteza oceánica - oceánica, Expansión de fondo oceánico y dorsales, y Colisión corteza continental - continental. Fuentes y tipos de agua para cada ambiente (basado en S.E. Kesler).

preexistentes cuya orientación se estableció como consecuencia de un régimen tectónico dominante.

La **figura 18**, muestra el modelo generalizado de la formación de sistemas epitermales y sistemas relacionados.

El origen de la mineralización en la zona puede ser correlacionado con la evolución magmática del batolito granítico de Comanja que muestra una clara evolución desde sienita alcalina-granito alcalino hasta granito hipercuarzoso denotando dicha serie magmática un fuerte enriquecimiento en álcalis.

La coexistencia de inclusiones fluidas hipersalinas (> 26% NaCl equivalente) e inclusiones con salinidades bajas (\approx 3% NaCl equivalente), denotan dos eventos distintivos de mineralización, asociados a la evolución magmática de las rocas graníticas. El primer evento de mineralización es del tipo pórfido de cobre-molibdeno, de distribución local (restringido al bloque Melcocha) y relacionado a un evento neumatolítico desarrollado entre los 470°-375°C (Yta, 1986), alta salinidad (>26% NaCl equivalente) y el carácter ácido del encajonante con una diferenciación magmática continua que dio lugar a facies porfídicas, así como la presencia de disseminaciones de calcopirita y/o molibdenita.

Si bien el evento de mineralización fue el resultado de la última fase magmática, la removilización de elementos metálicos formados en fases precedentes (asociados a sienita alcalina y granito alcalino), favoreció la concentración de metales preciosos, básicos y de tierras raras en zonas de fallas y fracturas dentro del granito, para formar el segundo evento de mineralización, distinguiéndose por ser de tipo polimetálico, formados entre los 375 y 140°C y con salinidades bajas (\approx 3% NaCl equivalente).

Para fines explicativos del modelo genético del área, donde se observa un zoneamiento vertical debido al fallamiento en bloques escalonados, estos se han denominado bloque Melcocha al más levantado y bloque Genoveva al más bajo, el bloque Horcón está situado entre los dos anteriores (**figura 19**).

En el bloque Melcocha se tiene un desplazamiento vertical de más de 100 m, esto con base a que la asociación y proporción mineral superficial es un tanto diferente a la encontrada en el bloque Horcón situado al E, a 100 m de profundidad. El zoneamiento vertical de profundidad a superficie es: molibdenita-turmalina-calcopirita-especularita-itrialita-monacita-esfalerita-galena-fluorita-cuarzo.

El zoneamiento mineralógico horizontalmente tiene una variación descendente en el gradiente de temperatura, de W a E, lo cual concuerda con el escalonamiento de bloques, presentándose un bloque más levantado al W (bloque Melcocha) y el más hundido al E (bloque Genoveva)

Pérez Silíceo R., (1948), en el estudio geológico de la zona minera de Comanja de Corona, Jal., obtuvo un rango de temperatura de formación de la mineralización de oro, plata, plomo y zinc presente en el nivel El Horcón (Los Remedios) y el nivel La Luz (Diamantillo) de 194° a 285° C y salinidades de 1 a 9 % de Na Cl equivalente.

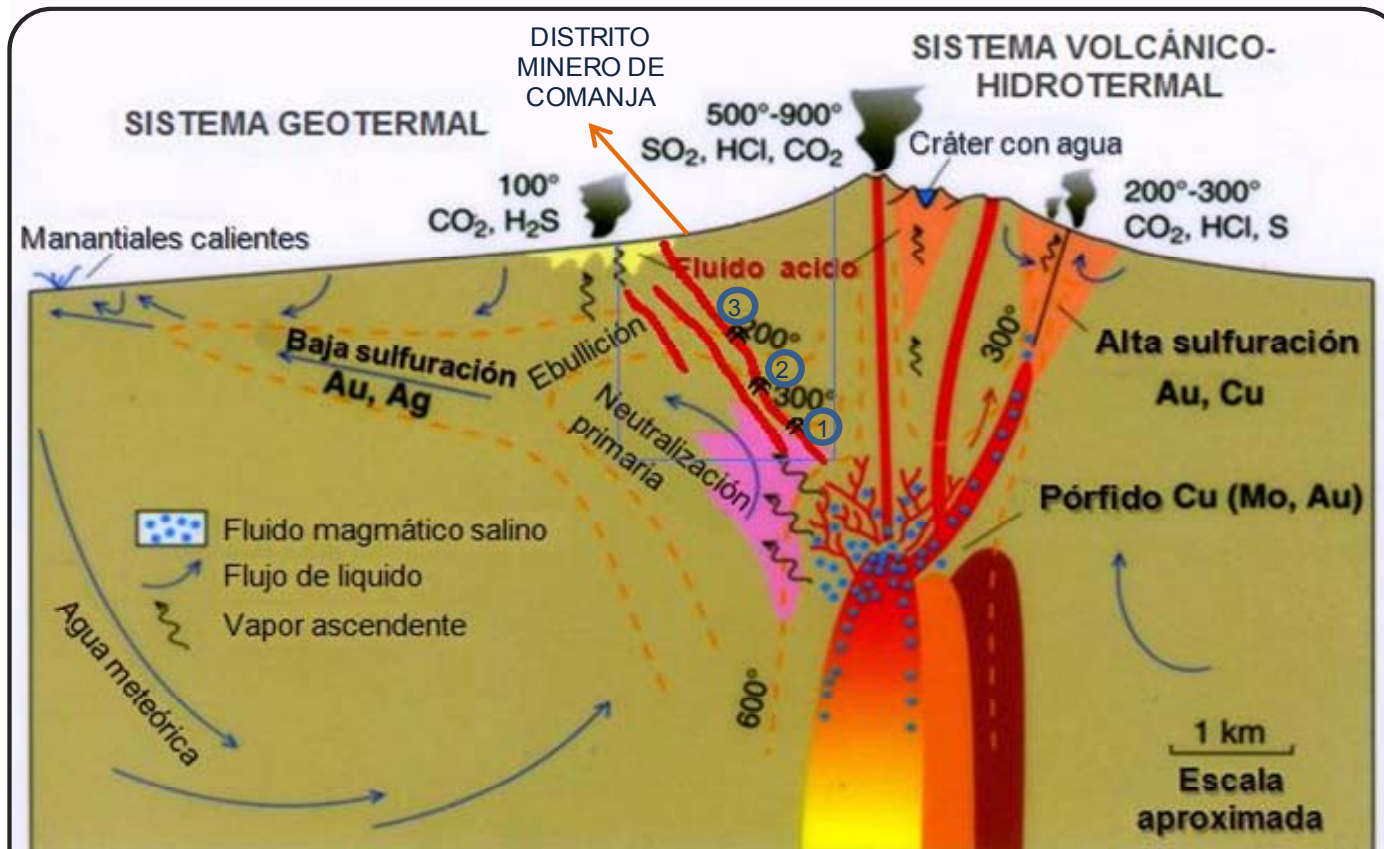
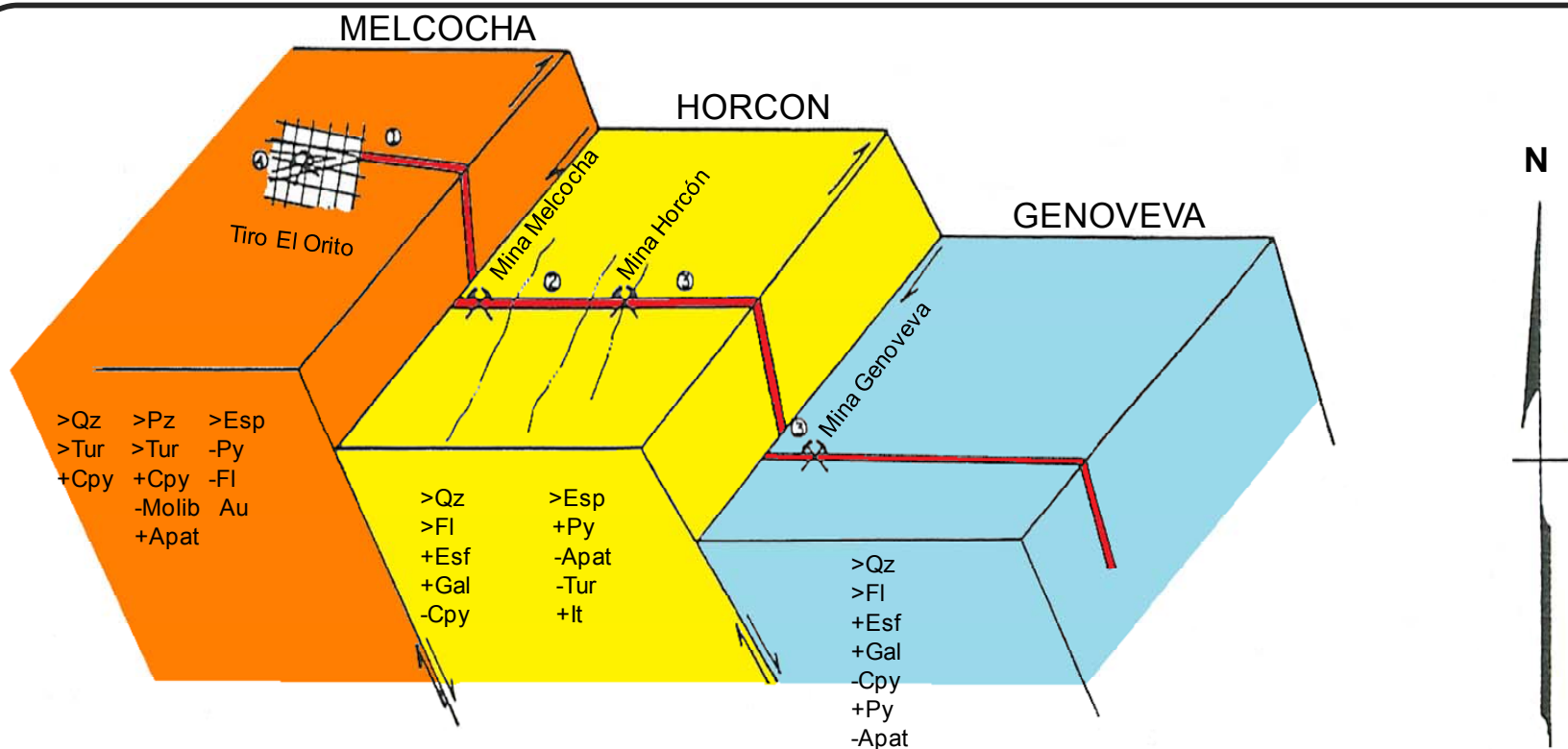


FIGURA 18. Modelo esquemático que ilustra las intrusiones múltiples subvolcánicas y su relación con la formación de depósitos minerales de pórfidos de cobre y depósitos relacionados de alta y baja sulfuración.

- Mina
- ① La Melcocha
 - ② El Horcón
 - ③ Genoveva

Tomado de Hedenquist and Lowenstern 1994 en MaksaeV 2008



S I M B O L O G I A

	Mina	Tur	Turmalina
	Fallamiento	Cpy	Calcopirita
	Oxidación	Molib	Molibdenita
>	Abundante	Apat	Apatita
+	Menos Abundante	Esf	Especularita
-	Escaso	Py	Pirita
	Veta Melcocha	Esf	Esfalerita
	Veta San Agustín	Gal	Galena
	Veta Diamantillo	Fl	Fluorita
	Veta Orito	It	Itrialita
Qz	Cuarzo	Au	Oro

FIGURA 19. Diagrama de bloques mostrando el fallamiento en bloques escalonados que controla el zoneamiento mineralógico, en el área el Orito-Comanja, Mpio. de Lagos de Moreno, Jal.

Tomado de Yta, Ortíz y Chiodi 1986

VI. GEOQUIMICA

VI.1. INTRODUCCIÓN

La exploración geoquímica, en combinación con otras ramas de la geología es una herramienta importante para la localización de yacimientos minerales. Por esta razón se estableció un programa de muestreo geoquímico en sedimentos de arroyo que son considerados como un compósito natural que representa al área drenada. El contenido de elementos de los sedimentos son derivados de la desintegración mecánica y química de las unidades litológicas y yacimientos minerales existentes en el área.

VI.2. ESTUDIO DE ORIENTACIÓN

Para el presente trabajo no se realizó el estudio de orientación geoquímica; los resultados indicadores de la mineralización se obtuvieron por la evaluación de asociaciones de elementos, considerando la población total del muestreo (152 muestras).

VI.3. MUESTREO

Para la programación del muestreo geoquímico se empleó la carta topográfica LAGOS DE MORENO F14-C31 de INEGI, A escala 1:50,000. Se realizó el drenaje, con el objeto de delimitar en forma clara las cuencas y subcuencas hidrológicas que existen en la

región. Posteriormente se definieron los pétalos de captación, considerando la información geológico-minera existente del área. Se fijaron los puntos de muestreo que por sus características pueden definir la concentración de sedimentos de un área específica. Dichos puntos fueron seleccionados sobre las corrientes tributarias, metros antes de su descarga a la corriente o río principal, en la confluencia de arroyos.

Con la ubicación de las muestras en el plano correspondiente, se inició la recolección en los cauces de los arroyos, tomando el sedimento activo formado por partículas finas del tamaño de los limos y arcillas, con la ayuda de una cuchara de jardinero, se trató de eliminar todo vestigio de materia orgánica.

La ubicación de la muestra se marcó en el terreno con pintura y listón, así como la nomenclatura y número de muestras; también se realizó el llenado de fichas de control.

En el campo fueron tamizadas a-80 mallas para su análisis.

El total de muestras colectadas fue de 152, distribuidas en una superficie de 960 Km² aproximadamente, lo cual arroja una densidad de una muestra por cada 6.3 Km². (Figura 20).

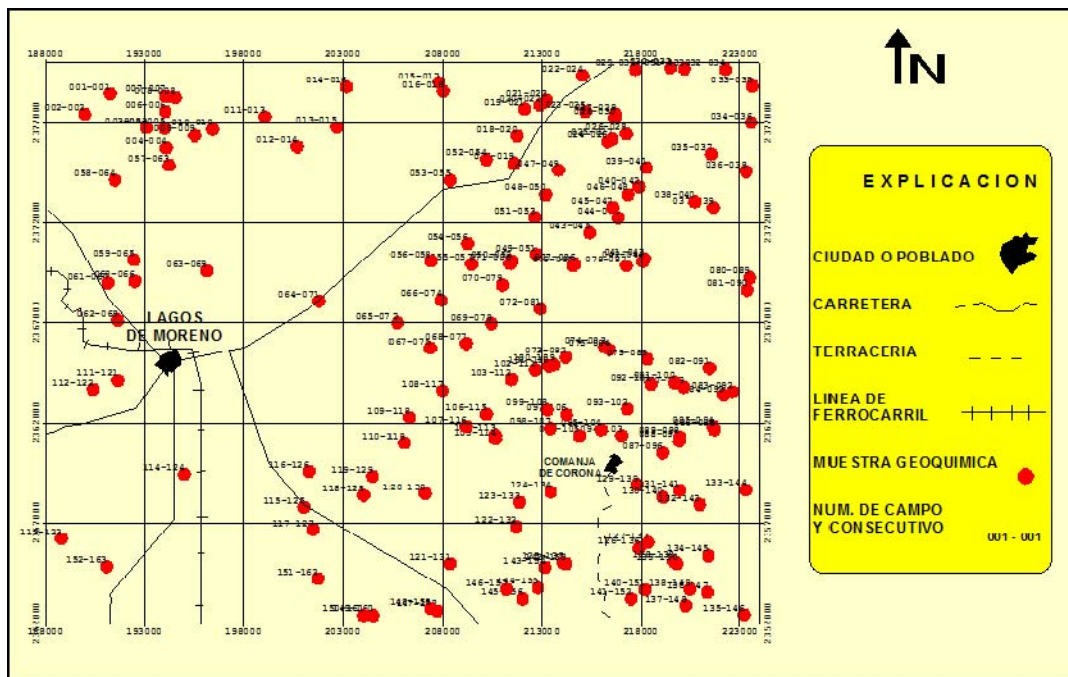


FIGURA 20. Plano de muestreo geoquímico.

VI.4. ANÁLISIS

Las muestras se analizaron en el laboratorio del Consejo de Recursos Minerales, el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Oaxaca, por medio del método de Emisión de Plasma (ICP), el cual consiste en digerir la muestra sólida en horno de microondas, para pasar a solución acuosa a través de una disolución parcial mediante agua regia; una vez que las muestras están en solución, se filtran y se lee en el ICP, en forma directa los elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Se, Sr, Ti, U, W, y Zn.

Los elementos As, Bi, Sb, Se, Sn y Te, se determinan en la misma solución a través de un generador de hidruros, debido a que éstos producen el hidruro del elemento, con lo que se mejora considerablemente su límite de detección al ser leídos en el ICP.

El Au se analiza mediante el método combinado ensaye-copelación-lectura en absorción atómica, el cual permite bajar los límites hasta 1 ppb.

En la **Tabla 2**, se muestra la técnica utilizada por el laboratorio y los límites de detección por elemento.

TABLA 2. TÉCNICA QUÍMICA						
DIGESTION	ICP - EMISIÓN ESPECTROSCÓPICA DE PLASMA					
	Ag	0.8	Mg	-2.0	Te	0.3
	Al	2	Mn	4.0	U	0.1
	Ba	2	Mo	1	W	5.0
	Bi	0.3	Na	8.0	Zn	2.0
	Be	0.5	Ni	1.0		
	Ca	0.5	P	9.0		
	Cd	0.5	Pb	2.0		
	Co	1.0	Se	1.0		
	Cr	0.6	Sb	6.0		
	Cu	1.0	Sn	3.0		
	Fe	3.0	Sr	1.0		
	K	5.0	Tl	6.0		
Agua Regia (HCl-HNO ₃)	GENERACIÓN DE HIDRUROS					
	As	0.04	Se	0.07		
	Bi	0.09	Sn	0.12		
	Sb	0.25	Te	0.15		
ENSAYE AL FUEGO/LECTURA EN E.A.A.						
	Au	1ppb				

Todos los elementos en ppm, con excepción del oro.

VI.5. INTERPRETACIÓN

La selección de elementos indicadores de la mineralización se basó en la afinidad de elementos; se consideró la población total del muestreo y se obtuvo parámetros de la relación o grado de dependencia entre dos tipos de mineralización. Este concepto es de gran utilidad para determinar si dos elementos están asociados o si uno puede utilizarse como guía para buscar el otro.

En la matriz de correlación (**Tabla 3**) se observa objetivamente la asociación existente entre pares de elementos, la cual se representa por un valor geoquímico conocido como coeficiente de correlación, que indica si dos elementos están asociados en el espacio y si uno puede utilizarse como guía para buscar al otro; cuando el coeficiente de correlación tiende a + 1 indica una relación funcional directa entre ellos, cuando es igual a cero significa una completa independencia entre los dos elementos analizados y cuando tiende a -1 indica una relación inversa.

En el diagrama de correlación, el número de cada celda significa el coeficiente de correlación, lo que facilita el análisis de dependencia de elementos, donde se interceptan los requeridos para definir su correlación.

Una vez obtenida la correlación existente entre los elementos analizados, se definieron los que mejor asociación mostraron y como consecuencia los elementos indicadores de la mineralización existente en la Carta (**Tabla 4**).

TABLA 4. Los elementos que mejor asociación mostraron fueron:		
** Mn/Sb	*** Cu/Sb	** Fe/Sb
** Mn/Ar	*** Cu/As	** Fe/As
*** Mn/Co	*** Cu/Co	*** Fe/Co
*** Mn/Cu	*** Cu/Cr	*** Fe/Cu
*** Mn/Cr	*** Cu/Sc	*** Fe/Cr
*** Mn/Sc	*** Cu/Fe	*** Fe/Sc
*** Mn/Fe	*** Cu/Mn	*** Fe/Mn
* Mn/P	*** Cu/Ni	*** Fe/Ni
*** Mn/Ni	** Cu/Se	* Fe/Se
** Mn/Se	* Cu/W	* Fe/W
*** Mn/W		

* Elementos que presentan asociación

** Elementos que presentan buena asociación

*** Elementos que presentaron excelente asociación

Se considera como elementos indicadores a: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, As, Sb, Cd, Se, Fe, Co, Cr, W, Sc y Ni. Y si se tiene en cuenta la afinidad entre pares de elementos de la población final se incluye el P.

TABLA 3. MATRÍZ DE CORRELACIÓN

	Al	Sb *	As *	Ba	Be	Bi *	Cd	Ca	Co	Cu	Cr	Sc	Sn *	Sr	Fe	P	Te *	Mg	Mn	Mo	Ni	Au	Ag	Pb	K	Se *	Na	Tl	U	W	Zn
Al	1.00	0.24	0.31	0.42	0.61	-0.08	-0.04	0.48	0.56	0.43	0.52	0.62	0.04	0.35	0.54	-0.37	0.00	0.55	0.50	0.31	0.51	-0.13	0.29	0.01	0.45	0.30	0.40	0.00	0.26	0.38	-0.05
Sb *	0.24	1.00	0.90	0.17	0.16	0.28	0.45	0.43	0.56	0.77	0.49	0.58	0.15	0.06	0.63	-0.27	0.00	0.33	0.67	0.41	0.56	0.10	0.15	0.45	0.46	0.80	-0.05	0.00	-0.22	0.37	0.39
As *	0.31	0.90	1.00	0.17	0.17	0.37	0.43	0.42	0.57	0.80	0.49	0.58	0.18	0.02	0.68	-0.25	0.00	0.33	0.66	0.45	0.60	0.06	0.13	0.42	0.50	0.83	0.01	0.00	-0.18	0.34	0.35
Ba	0.42	0.17	0.17	1.00	0.30	-0.04	-0.06	0.19	0.32	0.18	0.35	0.36	-0.17	0.31	0.23	-0.33	0.00	0.26	0.30	0.08	0.16	-0.08	0.15	-0.07	0.32	0.05	0.25	0.00	0.03	0.34	-0.10
Be	0.61	0.16	0.17	0.30	1.00	0.06	-0.03	0.05	0.10	0.17	0.06	0.18	0.35	0.06	0.23	-0.18	0.00	0.11	0.27	0.11	0.08	-0.11	0.07	0.07	0.26	0.14	0.14	0.00	0.57	0.01	0.00
Bi *	-0.08	0.28	0.37	-0.04	0.06	1.00	0.26	-0.01	0.09	0.33	0.05	0.14	0.38	-0.06	0.20	0.02	0.00	0.06	0.11	0.13	0.07	0.09	0.03	0.48	0.13	0.13	-0.22	0.00	-0.21	0.06	0.30
Cd	-0.04	0.45	0.43	-0.06	-0.03	0.26	1.00	0.11	0.10	0.41	0.08	0.13	0.09	-0.05	0.16	0.02	0.00	0.02	0.18	0.27	0.16	0.86	0.12	0.84	0.04	0.42	-0.11	0.00	-0.20	0.04	0.97
Ca	0.48	0.43	0.42	0.19	0.05	-0.01	0.11	1.00	0.81	0.59	0.78	0.77	-0.17	0.29	0.61	0.49	0.00	0.71	0.69	0.26	0.84	-0.04	0.58	0.07	0.38	0.43	0.21	0.00	-0.14	0.61	0.06
Co	0.56	0.56	0.57	0.32	0.10	0.09	0.10	0.81	1.00	0.79	0.93	0.92	-0.22	0.27	0.85	0.58	0.00	0.80	0.82	0.28	0.88	-0.08	0.38	0.09	0.58	0.50	0.20	0.00	-0.29	0.70	0.04
Cu	0.43	0.77	0.80	0.18	0.17	0.33	0.41	0.59	0.79	1.00	0.72	0.81	0.00	0.17	0.86	0.39	0.00	0.62	0.74	0.36	0.74	0.13	0.24	0.41	0.57	0.69	0.01	0.00	-0.28	0.54	0.36
Cr	0.52	0.49	0.49	0.35	0.06	0.05	0.08	0.78	0.93	0.72	1.00	0.90	-0.20	0.28	0.82	0.57	0.00	0.84	0.74	0.37	0.86	-0.07	0.35	0.05	0.50	0.41	0.18	0.00	-0.23	0.82	0.03
Sc	0.62	0.58	0.58	0.36	0.18	0.14	0.13	0.77	0.92	0.81	0.90	1.00	-0.12	0.38	0.85	0.50	0.00	0.87	0.77	0.30	0.82	-0.07	0.35	0.12	0.59	0.49	0.16	0.00	-0.20	0.78	0.08
Sn *	0.04	0.15	0.18	-0.17	0.35	0.38	0.09	-0.17	-0.22	0.00	-0.20	-0.12	1.00	-0.19	-0.06	-0.09	0.00	-0.18	-0.05	0.27	-0.14	-0.03	-0.03	0.27	-0.04	0.14	-0.16	0.00	0.45	-0.18	0.16
Sr	0.35	0.06	0.02	0.31	0.06	-0.06	-0.05	0.29	0.27	0.17	0.28	0.38	-0.19	1.00	0.18	0.24	0.00	0.36	0.20	-0.01	0.15	-0.03	0.33	-0.03	0.37	0.03	0.29	0.00	-0.05	0.31	-0.05
Fe	0.54	0.63	0.68	0.23	0.23	0.20	0.16	0.61	0.85	0.86	0.82	0.85	-0.06	0.18	1.00	0.47	0.00	0.75	0.71	0.39	0.76	-0.05	0.19	0.13	0.58	0.51	0.08	0.00	-0.19	0.66	0.10
P	0.37	0.27	0.25	0.33	0.18	0.02	0.02	0.49	0.58	0.39	0.57	0.50	-0.09	0.24	0.47	1.00	0.00	0.42	0.57	0.14	0.39	-0.07	0.30	0.02	0.49	0.22	0.47	0.00	-0.01	0.40	0.02
Te *	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.55	0.33	0.33	0.26	0.11	0.06	0.02	0.71	0.80	0.62	0.84	0.87	-0.18	0.36	0.75	0.42	0.00	1.00	0.60	0.18	0.73	-0.07	0.35	0.01	0.53	0.24	0.07	0.00	-0.21	0.84	-0.01
Mn	0.50	0.67	0.66	0.30	0.27	0.11	0.18	0.69	0.82	0.74	0.74	0.77	-0.05	0.20	0.71	0.57	0.00	0.60	1.00	0.39	0.75	-0.09	0.40	0.17	0.54	0.67	0.19	0.00	-0.12	0.53	0.14
Mo	0.31	0.41	0.45	0.08	0.11	0.13	0.27	0.26	0.28	0.36	0.37	0.30	0.27	-0.01	0.39	0.14	0.00	0.18	0.39	1.00	0.38	0.05	0.09	0.26	0.01	0.47	0.06	0.00	0.11	0.27	0.26
Ni	0.51	0.56	0.60	0.16	0.08	0.07	0.16	0.84	0.88	0.74	0.86	0.82	-0.14	0.15	0.76	0.39	0.00	0.73	0.75	0.38	1.00	-0.04	0.37	0.12	0.49	0.55	0.09	0.00	-0.20	0.61	0.10
Au	-0.13	0.10	0.06	-0.08	-0.11	0.09	0.86	-0.04	-0.08	0.13	-0.07	-0.07	-0.03	-0.03	-0.05	-0.07	0.00	-0.07	-0.09	0.05	-0.04	1.00	0.08	0.65	-0.08	0.06	-0.11	0.00	-0.15	-0.05	0.85
Ag	0.29	0.15	0.13	0.15	0.07	0.03	0.12	0.58	0.38	0.24	0.35	0.35	-0.03	0.33	0.19	0.30	0.00	0.35	0.40	0.09	0.37	0.08	1.00	0.11	0.18	0.20	0.17	0.00	-0.02	0.28	0.11
Pb	0.01	0.45	0.42	-0.07	0.07	0.48	0.84	0.07	0.09	0.41	0.05	0.12	0.27	-0.03	0.13	0.02	0.00	0.01	0.17	0.26	0.12	0.65	0.11	1.00	0.00	0.35	-0.13	0.00	-0.17	0.00	0.90
K	0.45	0.46	0.50	0.32	0.26	0.13	0.04	0.38	0.58	0.57	0.50	0.59	-0.04	0.37	0.58	0.49	0.00	0.53	0.54	0.01	0.49	-0.08	0.18	0.00	1.00	0.37	0.14	0.00	-0.18	0.35	-0.02
Se *	0.30	0.80	0.83	0.05	0.14	0.13	0.42	0.43	0.50	0.69	0.41	0.49	0.14	0.03	0.51	0.22	0.00	0.24	0.67	0.47	0.55	0.06	0.20	0.35	0.37	1.00	0.12	0.00	-0.10	0.24	0.33
Na	0.40	-0.05	0.01	0.25	0.14	-0.22	-0.11	0.21	0.20	0.01	0.18	0.16	-0.16	0.29	0.08	0.47	0.00	0.07	0.19	0.06	0.09	-0.11	0.17	-0.13	0.14	0.12	1.00	0.00	0.23	0.07	-0.12
Tl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	0.26	-0.22	-0.18	0.03	0.57	-0.21	-0.20	-0.14	-0.29	-0.28	-0.23	-0.20	0.45	-0.05	-0.19	-0.01	0.00	-0.21	-0.12	0.11	-0.20	-0.15	-0.02	-0.17	-0.18	-0.10	0.23	0.00	1.00	-0.18	-0.15
W	0.38	0.37	0.34	0.34	0.01	0.06	0.04	0.61	0.70	0.54	0.82	0.78	-0.18	0.31	0.66	0.40	0.00	0.84	0.53	0.27	0.61	-0.05	0.28	0.00	0.35	0.24	0.07	0.00	-0.18	1.00	0.00
Zn	-0.05	0.39	0.35	-0.10	0.00	0.30	0.97	0.06	0.04	0.36	0.03	0.08	0.16	-0.05	0.10	0.02	0.00	-0.01	0.14	0.26	0.10	0.85	0.11	0.90	-0.02	0.33	-0.12	0.00	-0.15	0.00	1.00

Los elementos indicadores de la mineralización se trataron estadísticamente (**Tabla 5**), con la finalidad de obtener los rangos estadísticos por elemento, definido el valor anómalo a utilizarse en el mapa geoquímico de conjunto de anomalías (**Figura 19**).

TABLA No. 5. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS ELEMENTOS INDICADORES			
ELEMENTO	VALOR DE FONDO P.P.M.	VALOR UMBRAL P.P.M.	VALOR ANOMALO P.P.M.
ORO	0.008	0.009 – 0.012	0.013
PLATA	1.171	1.172 – 1.730	1.731
PLOMO	33.883	33.884 – 46.584	46.582
COBRE	28.933	28.934 – 43.214	43.215
TUNGSTENO	6.409	6.410 – 9.560	9.561
ZINC	69.966	69.967 – 96.116	96.117
ANTIMONIO	0.34	0.341 – 0.506	0.507
ARSENICO	4	4.001 – 5.915	5.916
CADMIO	0.609	0.61 – 0.902	0.903
CROMO	34.104	34.05 – 52.122	52.123
FIERRO	2.32	2.321 – 3.239	3.24
NIQUEL	6.025	6.026 – 10.51	10.52
MANGANESO	364.27	364.271 – 538.358	538.359
SELENIO	0.079	0.080 – 0.111	0.112
COBALTO	5.709	5.71 – 8.564	8.565
ESCANDIO	4.522	4.523 – 6.737	6.738

VI.6. ANOMALÍAS

Mediante el análisis de cuencas hidrológicas, litologías y rasgos estructurales para definir la distribución espacial de los elementos, se determinó que, para esta carta, existe un control estructural que define lineamientos geoquímicos como resultado de dos sistemas preferenciales que se aprecian principalmente en la porción centro-oriente de la misma; el primero de rumbo NW-SE cuyo mejor ejemplo se manifiesta en la estructura conocida como veta La Campechana, y el segundo de rumbo NE-SW que se observa con amplitud en la parte central de la carta.

Ambos lineamientos manifiestan una coincidencia con las estructuras reconocidas durante los trabajos de campo.

De acuerdo a las observaciones anteriores se definieron 6 zonas de interés que al compararlas con las zonas mineralizadas y prospectos definidos durante los trabajos de cartografía se recomiendan como objetivos para realizar trabajos a detalle (**Figura 21**). Las características más importantes de cada una de ellas son:

Zona No. 1 Se localiza en el cuadrante noreste de la carta con una superficie aproximada de 35 Km².

Las rocas que afloran son parte de la secuencia riolítica del Terciario. Estructuralmente, la zona se ubica en el bloque que delimita la fosa tectónica de Lagos de Moreno en la parte norponiente, el área se caracteriza por un fracturamiento intenso paralelo a la orientación de dicha estructura (NE-SW). No se presenta prospecto o estructura mineralizada alguna; sin embargo, en resultados del muestreo se tienen indicios de la presencia de la asociación plata-oro.

Zona No.2 Se localiza en la parte noreste de la carta, entre los poblados de Primero de Mayo, Paso de Cuarenta al N-NW y de Sierra Alta al sur. Ocupa una superficie aproximada de 100 Km². La asociación de elementos presente en la zona consiste de Au, As, Cr, Ni y Co.

Las rocas que afloran pertenecen a la secuencia vulcanosedimentaria (Ki) afectadas por el intrusivo Comanja, hacia las partes bajas se presentan areniscas y conglomerados de relleno de fosa, cubiertas discordantemente por un paquete ignimbrítico Terciario.

Estructuralmente, la zona se encuentra afectada por movimientos tectónicos que generaron el graben de Lagos de Moreno, así como una serie de fracturas profundas marcadas por los arroyos Ojo de Agua, Guayamelos y El Berben; aguas arriba en la parte sureste, se tienen las vetas de La Paz de México con mineralización de sulfuros de plata, plomo y zinc; en la porción noreste se tienen indicios de mineralización de estaño en el prospecto El Escorpión.

Zona No. 3 Se ubica en la porción centro oriente de la carta, queda limitada al norte por las comunidades de San José de los Ranchos y San Rafael, al poniente Zitácuaro y Las Palomas, al oriente por La Sierra Alta; cubre una superficie aproximada de 50 Km².

En la zona afloran rocas de la secuencia vulcanosedimentaria, intrusionada por granito y cubierta en forma discordante por areniscas y conglomerados como producto de relleno de fosa; esporádicos afloramientos de riolita cubren discordantemente a la secuencia y sedimentos Terciarios.

La zona presenta mineralización de Ag, Au, Pb, Zn y Cu que se asocia estructuralmente a un sistema de vetas-falla semiparalelas, denominadas El Relumbrón, Lechuguillas, El Cobre y Villegas. Su ubicación se define en la parte oriente (Sierra Alta) de donde los arroyos drenan en dirección noroeste.

Zona No. 4 Su ubicación se estableció en la porción centro-oriental de la carta con una superficie aproximada de 80 Km², está delimitada al norte por la Sierra Alta, al oriente por la comunidad de Rancho Seco, al sur por Comanja de Corona y al oriente con Bernalejo.

La asociación de elementos que caracterizan la anomalía de esta zona están representados por: Au, Pb, Cu, Zn, As y Cd.

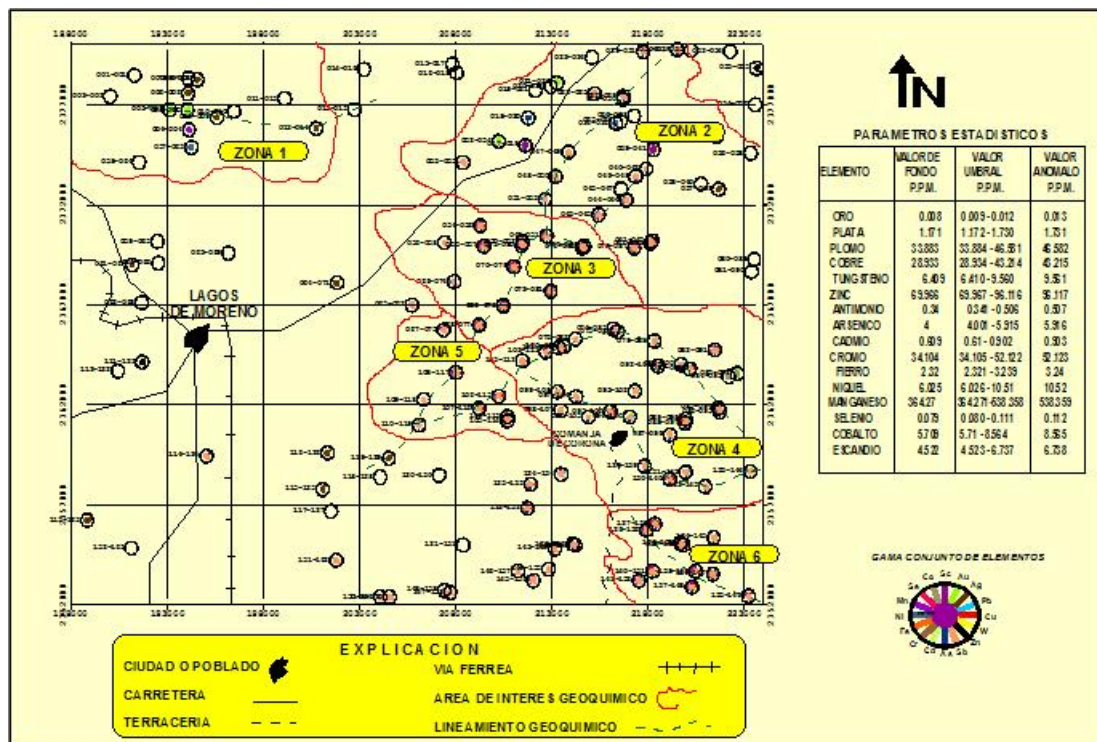


FIGURA 21. Mapa geoquímico de conjunto de anomalías.

En la zona aflora en su mayor parte el intrusivo granítico de Comanja, que afecta a rocas de la secuencia vulcanosedimentaria; estas unidades son cubiertas discordantemente por un conglomerado rojo y andesitas, las que a su vez subyacen a una unidad de ignimbritas, todas de edad terciaria.

Estructuralmente la mineralización se asocia a las vetas-falla Villagrán, El Orito, San Agustín, El Diamantillo, La Melcocha, Santa Teresa, Los Robles y Almandino, ubicadas en la parte norte un pétalo de la anomalía; estas estructuras caracterizan al distrito minero de Comanja y presentan un rumbo persistente NW-SE y menos representativas son las NE-SW, la mayoría de ellas afectan al granito y en menor proporción a la secuencia vulcanosedimentaria.

Zona No.5 Se localiza en la porción central de la carta al poniente de Comanja de Corona, ocupa una superficie aproximada de 25 Km². La asociación de elementos presente en la anomalía consiste de Cu, Sb, Cr, Co y Se.

Las rocas que se encuentran expuestas pertenecen a la secuencia vulcanosedimentaria afectadas por la intrusión del granito de Comanja; estas unidades se encuentran cubiertas por andesitas y riolitas terciarias así como por depósitos de relleno de fosa.

Estructuralmente, la zona es afectada por la falla del Bajío en su terminación con la fosa tectónica de Lagos de Moreno. En esta zona no se tienen antecedentes de obras mineras, sin embargo los arroyos drenan la zona mineralizada de El Roble con manifestación de Au, Ag y Cu.

Zona No. 6 Se localiza en la porción sureste de la carta, ocupa una superficie aproximada de 30 Km². Los elementos afines a la zona de anomalía son. Ag, Pb, Cu, Zn, Sb, As, Cd, Cr, Fe, Ni, Mn, Se, Co, Se.

La zona es atravesada de oriente a poniente por la veta-falla La Campechana con presencia de sulfuros de Zn, Pb y Cu. En esta superficie se exponen rocas de la secuencia vulcanosedimentaria (Ki) afectadas por el intrusivo Comanja a las que en forma discordante cubren riolitas, tobas riolíticas y basaltos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1. CONCLUSIONES

Los lineamientos de mayor densidad e importancia presentan rumbo NW-SE con longitudes variables de 1 a 17 Km y los curvilineamientos de 1 a 8 Km; asociadas a estas estructuras se presentan las zonas mineralizadas. Un segundo sistema de lineamientos, es NE-SW relacionado con el truncamiento de la sierra de León-Guanajuato que forma la fosa tectónica de Lagos de Moreno.

Las unidades constituidas por los conjuntos litológicos y desarrollados en ambientes de arco insular intraoceánico (Arco Guanajuato) y la Cuenca de Arperos, corresponden al Terreno Guerrero de Campa U. y Coney P. (1983).

El origen y distribución de los yacimientos minerales en la región, está relacionada a la actividad volcánica del arco magmático continental y su migración hacia el este y rápido retroceso hacia el oeste; este fenómeno generó extensas franjas mineralizadas orientadas NW-SE burdamente paralela a la línea de costa del Pacífico.

Durante la orogenia Laramide, se presentó un magmatismo plutónico que dio origen a grandes cuerpos intrusivos como el batolito Arperos-Comanja, aflora al sureste y se continúa a lo largo de toda la sierra de León-Guanajuato. En el distrito Comanja, presenta una evolución magmática desde sienita alcalina-granito alcalino hasta granito hipercuarzoso.

Se considera que durante la migración del arco hacia el poniente en el Oligoceno-Mioceno se caracterizó por un volcanismo de tipo ácido que formó una columna de 900m.) formada por material piroclástico, riolítico e ignimbrítico "Ignimbrita Cuatralba" correlacionable con el Grupo Volcánico Superior de la Sierra Madre Occidental.

El metamorfismo sufrido en la región se originó a partir de dos eventos; el primero, por esfuerzos compresionales que generó un metamorfismo de bajo grado, el cual afectó a la secuencia volcanosedimentaria y un segundo de contacto originado por la intrusión del batolito Arperos Comanja.

Las estructuras mineralizadas presentes en la carta son vetas tabulares irregulares emplazadas a lo largo de fallas y fracturas con rumbo NW 30°-70° SE e inclinaciones de 40° a 85° al SW; otras ocurren con rumbo NE 40°-60° SW inclinadas 45°-60° al SE. Se

encuentran emplazadas en granito, secuencia volcanosedimentaria y rocas volcánicas riolíticas.

Los estudios metalogenéticos realizados por Yta M. (1986) en las vetas El Diamantillo, Melcocha y El Orito mostraron la siguiente mineralogía: oro nativo, calcopirita, esfalerita, neodigenita, galena, covelita, monacita, itrialita, especularita, molibdenita, como minerales de mena; los minerales de ganga son: cuarzo, turmalina, pirita, fluorita, calcita, sericita, caolinita, malaquita, azurita, clorita, hematita, limolita.

Se reconoce un evento de mineralización neumatolítica, un evento hidrotermal conformado por cuatro etapas de depósito y una alteración supergénica.

El evento neumatolítico está definido por la asociación: cuarzo-turmalina-calcopirita-molibdenita escasa; ocurre en la parte poniente del área (bloque Melcocha), formada entre los 470° C-375° C y salinidades > 26% de NaCl equivalente.

La etapa hidrotemal I fue formada entre los 375°-290°C y salinidad NaCl equivalente y está representada por la paragénesis: cuarzo-especularita-turmalina (?) -pirita-calcopirita-galena-esfalerita-apatito-itrialita-monacita-oro (?) -fluorita-clorita-sericita-minerales arcillosos. Se considera la etapa más importante, ya que en ésta se depositaron los minerales auroargentíferos y tierras raras.

La etapa hidrotermal II ocurrió entre los 235°C-190°C y salinidad de 5.55% y 3.85% de NaCl eq. Y está representada por la paragénesis: cuarzo-fluorita-esfalerita-galena-pirita-calcopirita-clorita-sericita-caolinita-montmorillonita.

Las etapas hidrotermales III y IV son estériles, en la primera se depositó fluorita-cuarzo-pirita formados a 190°C-140°C y salinidad 2.06%-0.53% de NaCl equivalente.

La etapa IV se define por la paragénesis clorita-sericita-minerales arcillosos, formados probablemente a temperaturas inferiores a 140°C.

Las estructuras de stockwork sugieren la presencia de cuerpos diseminados de baja ley y volúmenes altos tipo pórfidos de cobre –molibdeno y oro.

La etapa supergénica (hematita-limolita-caolinita-covelita) se considera propicia para la lixiviación del

oro, que puede ocurrir como oro nativo en la zona de oxidación.

Las alteraciones hidrotermales reconocidas comprenden: filica avanzada e intermedia, argílica (?), potásica y oxidación.

La alteración filica avanzada se define por el conjunto turmalina-cuarzo-sericita-pirita, asociados a calcopirita y molibdenita. Constituye una guía directa hacia la mineralización cuprífera.

La alteración filica intermedia (cuarzo-sericita-pirita), gradúa lateralmente a alteración cuarzo-sericita y sericítica en los respaldos de las estructuras. Puede ser considerada como guía directa hacia la mineralización hidrotermal.

La alteración potásica se reconoció en el alto de las estructuras Diamantillo y Melcocha, está definida por la ocurrencia de vetillas de microclina secundaria y constituye una guía local hacia la mineralización.

La oxidación se puede considerar como guía excelente hacia la mineralización aurífera, se reconoce por su coloración rojiza debido a la presencia de hematita-limonita \pm caolinita.

Las vetas en el distrito Comanja, se encuentran en diferentes etapas de erosión, con oxidación en superficie (El Orito) con un enriquecimiento supergénico en un intervalo de 15 m. a partir de la superficie.

VII.2. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar más estudios más detallados de geología estructural, estratigrafía y metalogenia de las unidades receptoras de la mineralización puesto que quedan aspectos no aclarados como los de tipo tectónico y la mecánica de emplazamiento de los yacimientos minerales y selectividad de estos en ciertas zonas del intrusivo.

En la región, el único estudio metalogénico, es el realizado por Yta M. et al (1986) en las vetas El Diamantillo, La Melcocha y el Orito (Distrito Comanja) por lo que es necesario:

- Considerar que la zona de oxidación del bloque Melcocha constituye una buena guía hacia la mineralización aurífera.
- El horizonte de mineralización aurífera en el bloque Melcocha debe ser prospectado entre las cotas 2450-2370 m. Aunque debe considerarse

que pueden existir pequeños bloques desplazados.

- Considerar regionalmente el nivel de sulfuros como guía, ya que en los horizontes superiores se puede encontrar el nivel de metales preciosos.

Desde el punto de vista regional, se recomienda utilizar a la alteración cuarzo-sericítica como guía hacia la mineralización polimetálica.

Es conveniente considerar a la alteración filica avanzada (turmalina-cuarzo-sericita-pirita) como guía hacia la mineralización de cobre-molibdeno porfídico.

La alteración filica intermedia (cuarzo-sericita-pirita) puede ser empleada como guía local hacia la mineralización polimetálica hidrotermal.

La alteración potásica puede ser útil como guía directa hacia la mineralización cuprífera.

Investigar las zonas de ocurrencia de scheelita en los contactos roca granítica secuencia metavolcanosedimentaria, porque está asociada a monacita y posiblemente a otros minerales de tierras raras.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, M.H., 1981. "Informe geológico de los yacimientos minerales del Cerro Colorado, mpios. Lagos de Moreno, Jal. y León, Gto., Au, Ag, Cu, Pb, Zn, 1^{ra}. etapa". Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).
- Alvarado, M. H., 1988. "Informe de la Visita de Reconocimiento al lote "Villegas", mpio. de Lagos de Moreno, Jal" Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).
- Alvarado, M. H., 1988. "Informe de la Visita de Reconocimiento al lote "Esperanza", mpio. de Lagos de Moreno, Jal" Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).
- Alvarado, M. H., 1992. "Informe de la Visita de Reconocimiento Sierra Alta, mpio. de San Felipe, Gto." Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).
- Alvarado, M. H., 1995. Cartografía Geológico Minera y Geoquímica de la Carta Guanajuato F14-7 escala 1:250 000. Consejo de Recursos Minerales.
- Aranda, G. J. J., Nieto, S. A. F., 1989. "Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la sierra de Guanajuato y la parte meridional de Mesa Central". Instituto de Geología de la U.N.A.M, Centro Tecnológico Dpto. Geotecnia Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Aranda, G. J. J., 1989. Geología preliminar del Graben Aguascalientes. UNAM Inst. de Geol. Revista v. 8-1, p.22 a 32.
- Campa, M., and Coney, P., 1982. Tectono-statigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico: Canadian journal of Earth Sciences, v. 20, p.10401051.
- Carranza, C. O., Miller, W. E., 1988. "Roedores Caviomorfos de la Mesa Central de México, Blancano temprano (Plioceno Tardío) de la fauna local Rancho Viejo, estado de Guanajuato". Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M., vol. 7, núm. 2.
- Cendejas, C.1988. Monografía Geológico-Minera el estado de Aguascalientes: Informe inédito del Consejo de Recursos Minerales.
- Centeno, G. G. L., Guerrero, S. Ramírez, E. Salinas, P. and Talavera, Mendoza, 1993. Geology of the southern part of the Guerrero Terrane, ciudad Altamirano-Teloloapan area: first circum-pacific and the circum atlantic Terrane conference. Inst. de Geol. UNA . Guanajuato, Gto.
- Centeno, G.E., Ruiz, J., Coney, P.J., Patchett, R.J., y Ortega, G. F., 1993. Guerrero Terrane of Mexico: Its role in the Southern Cordillera from new geochemical data. *Geology*, v. 21, p. 419-422.
- Coney, P., 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del norte, América del Sur y el Caribe: *Revista del I.M.P.*, v. 15, n. 1,p.6-
- Chiodi, M., Monod, O., Busnardo, R., Gaspard, D., Sanchez, A., Yta, M., 1988. "Une discordance ante-albienne datée par une faune d'ammonites et de braquiopodes de type téthysien au Mexique Central". *Convenio gobierno de Frania y el Consejo de Recursos Minerales, Geobios*, n° 21, fasc. 2.
- Corona, Ch. P., 1988. Análisis estratigráfico estructural de la porción centro-sur de la Sierra de Guanajuato. Tesis de Licenciatura, Inst. Pol., ESIA GOP. (Inédita).
- Damon, P. E., y Clark, K. F., 1981. Evolución de los arcos magmáticos en Mexico y su relación con la metalogénesis: Instituto de Geología, U.N.A.M. vol. 5, p. 233-238.
- Dávila, A. V. M., Martínez, R. J., 1987. Una edad Cretácica para las rocas basales de la Sierra Guanajuato. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato. Programa, Resúmenes y Guía de Excursión, P. 19-20.
- Echegoyén, S. L., Romero, M. S. Y Velásquez, S. S., 1970. Geología y yacimientos de la parte central del distrito minero de Guanajuato. Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Boletín 75, 36 p.
- Echegoyén, S. J., 1975. Estudio Geológico Regional de la Zona de Arperos, Gto. A Comanja de Corona, Jal. Informe técnico, residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales (inédito).
- Echegoyén, S. L., 1977. "Localidades del estado de Guanajuato con mineralización de oro. plata, plomo, zinc, estaño y fluorita". Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).
- Edwards, J. D., 1955. studies of some early tertiary red conglomerates of central México, U. S. Geological Survey, Professional Paper 264-H, p. 153-185.

Ferrari, L., Pascuare, G., Venegas, S. and Romero, Ríos. F., 1996. Geology of the western Mexican Volcanic belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block: G Geological Society of Americas Special paper.

Ferrusquia, V. I., 1987. Reubicación geocronológica del conglomerado Guanajuato basada en nuevos mamíferos. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, programa, Resúmenes y guía de excursión, p. 21-23.

Freddie, C., Martinez, R. J., Lapierre, H. And Coulon, C., 1996. The early Cretaceous Arperos oceanic basin (Western- México). Geochemical evidence for an aseismic ridge formed near a spreading center. Tectonophysics 259, p. 343-367.

García, R. J. M., 1988. Informe complementario de sensores remotos (2da parte), Estado de Guanajuato. Consejo de Recursos Minerales Residencia Guanajuato (inédito).

González, A. A., Sánchez, G. J. A., Yta, M., García, R. J. M., 1986. "Proyecto Eje Neovolcánico, área San Juan de Otates, Gto.". Informe de avance, 1985, Gerencia de Estudios Especiales, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).

González, R. J., 1958. "Influencia del intrusivo granítico de Arperos en la mineralización de Guanajuato, Gto.". Informe técnico, Consejo de Recursos Naturales No Renovables, (inédito).

Gross, W. H., 1975. New ore discovery and source of silver gold veins, Guanajuato, Mexico. Econ. Geol., Vol. 70.

Henry, C. D. and Aranda, G. J.J., 1992. The real southern Basin and Range: Mid- To late Cenozoic extension in México Geology, vol.20.

Juárez, G. M., 1982. Estudio Geológico Preliminar Área Comanja, Centro, edo. de Jal. Consejo de Recursos Minerales; residencia Guanajuato.

López, R. E., 1980. Geología de México. Tomo II: Segunda Edición diciembre de 1979.

Labarthe, H.G., Aguillón, A., 1985. Cartografía geológica 1: 50 000 hoja Presa San Bartolo, Gto. UASLP. Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico No. 104.

Labarthe, H. G., Tristán, M., y Aranda, G. J.J., 1982. Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte

central del estado de San Luis Potosí, UASLP. Inst. de Geol. y Metalurgia, Folleto Técnico No. 85, p. 208.

Marín, P. A., De la Teja, M. A., 1979. "Estudio geológico-minero de la zona tungstenífera de San Juan de Otates, Mpio. de León, Gto. (Primera etapa)". Informe técnico, Residencia Guanajuato, Consejo de Recursos Minerales, (inédito).

Martínez, R. J., 1987. Excursión a la Sierra de Guanajuato; parte 1, Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato. UNAM, Inst. de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Programa, Resúmenes y Guía de excursión, P. 49-70.

Martínez, R.J., Vasallo, L. F., Franco, I. F. J., 1995. "Geología y potencial minero de la porción central poniente del edo. Guanajuato". Folleto de divulgación, Instituto de Geología, U.N.A.M. - Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Guanajuato.

McDowell, F. and Clabaugh, S., 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: Geol. Soc. of Amer., Special Paper 180, p. 113-124.

Maldonado, R. J., 1981. Reconocimiento Geológico Minero de la Mina El Roblecito, Mpio de Lagos de Moreno, Jal. Consejo de Recursos Minerales; residencia Jalisco.

Miranda, G., 1995. The volcanogenic massive sulfide and sedimentary exhalative deposits of the Guerrero Terrane, Mexico: A dissertation for the Degree of Doctor of philosophy. The University of Arizona.

Miranda, G., 1977. Geotectónica y yacimientos minerales: Curso impartido al personal del C.R.M. en Pachuca, Hgo. Abril. Apuntes inéditos.

Monod, O., Lapierre, H., Chiodi, M. Martínez, R. J., Calvet, P., Ortiz H. L. E., Zimmermann, J. L., 1990. Reconstitution d' un arc insulaire intra-Océanique au Mexique central: la séquence volcano-plutonique de Guanajuato (Crétacé inférieur). C. R., Acad. Sci. Paris, t. 310, serie II, p. 45-51.

Nieto, S.A. F., 1990. Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte Sudoriental de la Sierra de Guanajuato. Instituto de Geología, UNAM. Estación Regional Centro.

Nieto, S. A. F., Escobar, G. J., Dobarganes, B., y Aguirre, M., 1992. Interpretación estructural de los

rasgos geomorfológicos principales de la sierra de Guanajuato. U.N.A.M. Instituto de Geología.

Ortiz, H.L. E., Chodi, M., Lapierre, H., Monod, O., 1992. Arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del Complejo Filoniano y de las lavas basálticas asociadas. Consejo de Recursos Minerales, Centro Minero Nacional.

Ortiz, H. L. E., Calvet, P., Choidi, M., Yáñez, M. C. F., Afinidad magmática y procesos metalogenéticos del Complejo magmático Mesozoico de la sierra de Guanajuato, México Central. Consejo de Recursos Minerales.

Quintero, L. O., 1992. Geología de la región de Comanja, estados de Guanajuato y Jalisco. U.N.A.M.; Instituto de Geología.

Randall, R. J. A., Saldaña, A. E. and Clark, K. F., 1994. Exploration in a volcano plutonic center at Guanajuato, Mexico. Economic Geology, Vol. 89.

Salas, G. P., 1975. Carta y provincias metalogenéticas de la República Mexicana: C.R.M. Publicación 21-E.

Sandoval, S. H., 1978. Reconocimiento preliminar al lote auroargentífero "La Paz de México", Mpio de Lagos de Moreno, Jal.. Consejo de Recursos Minerales; residencia Guanajuato. (Inédito).

Schulze, Z. G., 1957. Observaciones en las formaciones riolíticas de Gto. S.L.P. y Zacatecas. Y su significado en la economía mineral del estaño. Sierras terciarias de Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas.

Sedlock, R. L., Ortega, F. and Speed, R. C., 1993. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico. Geological Society of America, Special Paper 278, 153 p.

Stein, G., Lapierre, H. , Monod, Q. Zimmermann, J.L., and Vidal R., 1994. petrology of Some Mexican Mesozoic Cenozoic Plutons: Sources and Tectonics environments. Journal of South American Earth Sciences V.7, No.1, p. 1-7.

Talavera, M., 1995. Curso de actualización de geoquímica: Impartido por la escuela regional de ciencias de la tierra, Universidad Autónoma de Guerrero. Taxco, Gro.

Tardy, M., Lapierre, H., Boudier, J., Ortiz, H. L. E., 1992. Emplazamiento del terreno Guerrero

(intraoceánico) en el occidente de México, implicaciones geodinámicas entre Pacífico-tethys y su relación durante el Cretácico. Revista vol. 10 Num. 2, 1992 p. 118-128 Instituto de Geología (U.N.A.M.).

Tardy, M., Lapierre, H. Boudier, J.L. Coulon, Ch., Ortiz, H.L.E. end Yta, M., 1992. Intraoceanic setting of the Western. México Guerrero Terrane- implications for the Pacific-Tethys geodynamic relationships during the Cretaceous. UNAM, Inst. de Geología, Revista, vol. 10, Núm.2.

Tristán, G, M., 1986. Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México. Universidad Autónoma de S. L. P. Instituto de Geología.

Varios autores., 1987. Simposio sobre la Geología de la región de la sierra de Guanajuato. Programa resúmenes y guía de excursión. U.N.A.M. Instituto de Geología.

Wittich E.,1909. Algunos datos preliminares sobre diques de aplito-pegmatita cerca de Silao (Guanajuato) bol. soc. Geol. Méx. Tomo 6 p.p. XXXIX, 173-178.

Yáñez, M. C. F., 1988. Interpretación de imágenes de satélite Consejo de Recursos Minerales.

Yáñez, M. C. F., 1983. Reserva Mineral Nacional León-Guanajuato, su geología económica y anteproyecto para la instalación de tres plantas de beneficio, edo. de Gto. Consejo de Recursos Minerales; residencia Guanajuato.

Yáñez, M. C. F., 1989. Resumen de las etapas de exploración regional (sensores remotos, reconocimiento aéreo y verificación terrestre). Consejo de Recursos Minerales.

Yáñez, M. C. F., 1992. Monografía geológica minera del estado de Guanajuato. Consejo de Recursos Minerales.

Yta, M., Ortiz, H. L. E., 1986. Estudio metalogenético de los filones polimetálicos, diamantillo, zafiro, melcocha y Orito, del área El Orito-Comanja, municipio de Lagos de Moreno Jal. Consejo de Recursos Minerales (inédito).