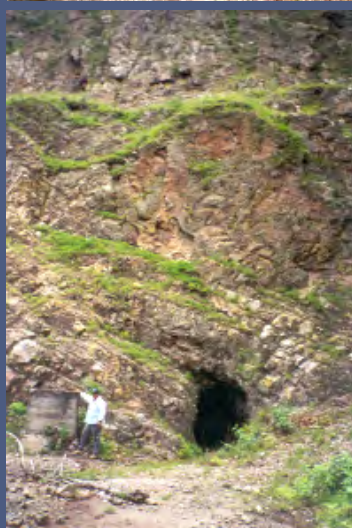
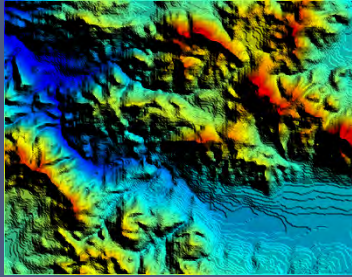




CONSEJO DE RECURSOS MINERALES



CARTA GEOLÓGICO-MINERA COLIMA E13-3 ESCALA 1: 250,000 ESTADOS DE JALISCO Y COLIMA

1998



SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES COORDINACION GENERAL MINERIA

ELABORADA BAJO CONVENIO CON

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA



CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIAS

CENTRO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

INFORME FINAL DE LA CARTOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA CARTA COLIMA (E13-3) ESCALA 1:250,000

ELABORARON:

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

M. EN C. DAVID BARRERA HDEZ.
DR. JOSE ROSAS ELGUERA
ING. RAFAEL VALLADOLID CACHO
ING. GERARDO PEREZ RODRIGUEZ
ING. ERNESTO MANJARREZ TORRES

ING. JULIO ROMO RAMIREZ
ING. RAFAEL VAZQUEZ TORTOLEDO

Marzo 2001

**CARTA GEOLÓGICO-MINERA
COLIMA E13-3, ESCALA 1:250,000**

	Pagina.
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCIÓN	2
I.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO	2
I.2.- TRABAJOS PREVIOS	3
I.3.- MÉTODO DE TRABAJO	4
II.- GEOGRAFÍA	4
II.1.- LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN	4
II.2.- ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	4
II.3.- FISIOGRAFÍA	6
III.- GEOLOGÍA	6
III.1.- ESTRATIGRAFÍA	6
III.1.1.- Terreno Guerrero	6
<i>Cuarcita Tamazula (Js C)</i>	7
<i>Brecha Jalisco (JsKiBvA-Cgp)</i>	7
<i>Formación Alberca (Kbeh Ar-Lu)</i>	9
<i>Formación Tecalitlán (Kbap TA-TR)</i>	10
<i>Formación Tepalcatepec (Ka Vs)</i>	11
<i>Formación Madrid (Ka Cz-Ar)</i>	13
<i>Formación Morelos (?) (Kace Cz)</i>	14
<i>Batolito de Puerto Vallarta (Ks Gr-Gd)</i>	15
III.1.2.- Bloque Jalisco	16
<i>Tobas Tapalpa (Kc Tr)</i>	16
<i>Formación Cerro La Vieja (Tpae Cgp-Ar)</i>	16
<i>Batolito Jilotlán (Tpae Gr-Gd)</i>	17
<i>Intrusivos Uruapan (To Gr-Gd)</i>	17
III.1.3.- Sierra Madre Occidental	18
<i>Andesitas (To A)</i>	18
<i>Toba Andesítica-Toba Riolítica (To TA-TR)</i>	18
<i>Ignimbrita Cazos (Tm TR)</i>	19
III.1.4.- Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT)	19
<i>Basaltos Cotija (Tm A-B)</i>	19
<i>Basaltos Tapalpa (Tpl B-A)</i>	20
III.1.5.- Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato	20
<i>Andesitas-Basalto (TplQpt A-B)</i>	20
<i>Flujos Piroclásticos (TplQpt Pc)</i>	21
<i>Andesita-Dacita (TplQpt A-Da)</i>	21
<i>Flujos Piroclásticos Colima (Q Pc)</i>	22
III.1.6.- Grupo Parícutín-Colima	23
<i>Andesita-Basalto (Qho A-B)</i>	23
III.1.7.- Depósitos Recientes	23
<i>Aluvión (Qho al)</i>	23
III.2.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA	23
III.2.1.- Estructuras en el dominio continuo	23
III.2.2.- Sistemas de deformación discontinua	23

IV.- YACIMIENTOS MINERALES	26
IV.1.- METÁLICOS	26
IV.1.1.- Introducción	26
IV.1.2.- Antecedentes	26
IV.1.3.- Minas en explotación	26
IV.1.4.- Infraestructura Minera	27
IV.1.5.- Región Minera Pihuamo	28
IV.1.5.1.- Distrito Minero de Pihuamo	28
IV.1.6.- Distrito Minero Cerro Nahuatl	29
IV.1.7.- Área Mineralizada Piscila-El Salatón	30
IV.1.8.- Área Mineralizada La Verde	30
IV.1.9.- Área Mineralizada de Santa María del Oro (Manuel M. Diéguez)	31
IV.1.10.- Área Mineralizada de Tapalpa	32
IV.1.11.- Distrito Minero de Ahuijullo	32
IV.1.12.- Área Minera de Jilotlán de Los Dolores-Tecalitlán	33
IV.1.13.- Distrito Minero de Tepalcatepec	33
IV.2.- NO METÁLICOS	34
IV.2.1.- Introducción	34
IV.2.2.- Ambiente Geológico Regional	34
IV.3.- ZONAS PROSPECTIVAS	35
V.- MODELOS DE YACIMIENTOS	36
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	

**RESUMEN COLIMA
CLAVE E13-3
ESCALA 1:250,000**

La carta Colima se ubica en la porción occidental del estado de Jalisco, abarcando parte de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán, entre las coordenadas 19° 00' a 20° 00' de latitud norte y 102° 00' a 104° 00' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 23,040 Km².

El sur occidente de México está conformado por una serie de bloques corticales limitado por estructuras geológicas mayores (Mosser, 1972). La carta Colima está ubicada en la frontera de los bloques Jalisco, Michoacán y Norteamérica, todos ellos cubiertos parcialmente por la Faja Volcánica Mexicana. En el extremo occidental, el semigraben de Colima separa el bloque Jalisco del bloque Michoacán; en tanto que hacia el norte el semigraben de Chapala limita Norteamérica de Michoacán, finalmente hacia el NE, el sistema Chapala-Oaxaca representa el límite del bloque Michoacán (Harrison y Johnson, 1992).

Las rocas más antiguas corresponden a la Cuarcita Tamazula (JsC) que consta de cuarcita micácea con cuarzo anhedral formando bandas paralelas, alternando con franjas de muscovita-biotita, su edad tentativa de acuerdo a relaciones estratigráficas es Jurásico superior. Del Jurásico superior al Cretácico inferior se tiene la Brecha Jalisco (JsKiBvA-Cgp) cuyo significado geológico aún continúa siendo un enigma.

La cubierta sedimentaria, en general constituida por una secuencia volcano-sedimentaria cubierta por calizas evidentemente representa una fracción de un arco volcánico del Cretácico inferior. La unidad más antigua de la secuencia volcano-sedimentaria es la Formación Alberca (KbehAr-Lu) que descansa discordantemente sobre la brecha Jalisco, se trata de una unidad de areniscas calcáreas, lutitas negras, tobas de color claro, y calizas negras arcillosas dispuestas en estratos delgados. Se reconoció un miembro superior sin macrofauna, constituido por calizas y lutitas negras, tobas color blanco y verde, escasos derrames andesíticos y areniscas de grano fino a medio de color café oscuro, de uno inferior constituido por lutitas negras, calizas arcillosas, tobas y areniscas con abundante macrofauna.

Intercalada entre la secuencia volcano-sedimentaria se tiene una secuencia piroclástica (incluye brechas, aglomerados, e ignimbritas y eventuales lavas andesíticas) cuya composición varía de andesítica a riolítica denominada Formación Tecalitlán (KbapTA-TR) y que representa la evidencia de un arco volcánico Cretácico inferior. La secuencia volcano-sedimentaria (KaVs) incluye a las Formaciones Tepalcatepec (Pimentel, 1980), Encino y Vallecitos (Pantoja y Estrada, 1983), por ello es obvio que su definición varía en función de la localidad tipo de cada formación. Así, en la región de Tepalcatepec la secuencia volcano-sedimentaria está constituida por calizas con rudistas y microfauna bentónica en capas gruesas a masivas, alternando con capas gruesas de tobas andesíticas y brechas volcánicas. En tanto que en El Encino se trata de una serie de rocas volcanoclásticas marinas que consisten de conglomerados, tobas epiclásticas gris verdosas granulométricamente representadas por areniscas, limolitas y lodolitas, con intercalaciones lenticulares de caliza que sobreyacen en discordancia angular a una secuencia de más de 350 m de derrames, toba ignimbérica, caliza arrecifal y rocas volcanoclásticas de ambiente marino. Contemporáneamente con la secuencia volcano-sedimentaria se desarrolló una sucesión de mudstone arcillosos gris oscuro y lutitas ligeramente carbonosas gris oscuro a negro, estratificación delgada a mediana, que cambia de facies a yesos denominada Formación Madrid (KaCz-Ar), esta formación estaría representando facies de aguas profundas de la Cuenca Colima-Guerrero. La unidad KaceCz es la más joven de las rocas carbonatadas y presentan una estratificación gruesa a masiva y contiene eventuales horizontes de yesos. En ocasiones es una caliza arcillosa de color negro.

Indudablemente el ambiente geodinámico del occidente de México durante el Mesozoico fue muy activo, ello se ve reflejado por la sucesión de rocas piroclásticas que cubren prácticamente la parte centro-norte del bloque Jalisco. En la carta Colima, esta sucesión (KcTR) se refiere a rocas piroclásticas de composición riolítica, con eventuales horizontes de tobas andesíticas, localizada en el extremo NW de la carta. La Formación Cerro La Vieja (TpaeCgp) es definida como una secuencia detrítica de conglomerados de composición calcárea que ha sido subdividida en cuatro miembros que de la base hacia la cima son: (a) conglomerados calcáreos con matriz limolítica; (b) conglomerados calcáreos con matriz de lodo calcáreo; (c) limolitas; y (d) areniscas y limolitas.

La Sierra Madre Occidental, forma una franja con una tendencia SE y dimensiones aproximadas de 250 km de ancho por 1,200 km de largo. En la carta Colima las unidades ToA, ToTA-TR y TmTR, de las cuales solo la última está fechada por K-Ar en 23.5 Ma, pertenecen a la Sierra Madre Occidental. Las dos primeras unidades muestran un basculamiento que contrasta con la horizontalidad de la toba riolítica del Mioceno (TmTR). Aparentemente a partir del Mioceno tardío sucedieron reorganizaciones importantes en el movimiento de las placas que interactuaban con el continente lo que provocó que el arco volcánico miocénico, representado por la Sierra Madre Occidental, cambiara progresivamente su orientación hasta dar lugar a la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT) dentro de la cual se han distinguido dos unidades basáltico-andesíticas del Terciario (TmAB y TplB-A) como las más antiguas. La unidad TmA-B es el vulcanismo basal de la FVT en tanto que la composición alcalina de la unidad TplB-A, reconocida al norte del Complejo Volcánico Colima, representa el inicio del rompimiento continental en esta área. Incluido dentro de la FVT se tiene al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (Tpl-QptA-B) formado por unos 1040 centros volcánicos, en su mayoría conos monogenéticos (Hasenaka y Carmichael, 1985) que distribuyen de manera preferencial en la parte oriental de la carta Colima. Contemporáneamente a este vulcanismo se desarrollaron las andesitas y dacitas que forman el Volcán Cántaro (Tpl-QptA-Da), el más antiguo del Complejo Volcánico Colima, y los flujos piroclásticos de este volcán y del Tancitaro (Tpl-QptPc). Con una migración del vulcanismo hacia el sur del Cántaro, se desarrollaron los volcanes Nevado de Colima y Colima (QhoA-B) así como varios flujos piroclásticos que acompañaron su evolución (QPc).

Finalmente, el grupo Paricutín (QhoB-A) se desarrolló al norte del Volcán Tancitaro en el sector oriental de la carta. Las rocas plutónicas que se reconocen en la carta Colima se distribuyen en una migración hacia el SE. El extremo NW de estas rocas intrusivas es el plutón de Puerto Vallarta (KsGr-Gd, 75-100 Ma) que se reconoce como el más antiguo y constituye la mayor parte del bloque Jalisco. El batolito de Jilotián (TpaeGr-Gd, 55-66 Ma) forma la parte oriental del bloque Michoacán y aflora en el centro de la carta donde también se distribuyen una serie de diques (Tpli) de composición andesítica. Hacia los límites con la carta Morelia afloran los más orientales de los plutones reconocidos cuyas edades isotópicas son de 32 y 34 Ma (ToGr-Gd).

Desde el punto de vista estructural se tienen estructuras en el dominio continuo (compresivas) de las que sobresalen algunas estructuras plegadas como son el Anticlinal de Manantlán, El Anticlinal de Jala y el Anticlinal El Naranjo, todos ellos localizados en la porción suroeste de la carta y que motivaron la perforación de varios pozos con propósitos petroleros. Los sistemas de deformación discontinua (fallas) están

Carta Geológica – Minera Colima E13-3

relacionados a la parte norte del Graben de Colima y al Sistema Chapala-Oaxaca, así como a un intenso fracturamiento que afecta al Batolito de Jilotlán.

La porción norte del Graben de Colima está formada por un sistema donde la falla Techaluta con dirección N-NE, tiene 2500 m de desplazamiento vertical y 53 km de longitud. Hacia el sur, esta falla cambia progresivamente a una dirección N-S donde su prolongación se infiere por el emplazamiento de la cadena de volcanes formada por El Cántaro, Nevado de Colima y Colima. La margen oriental de la depresión la constituyen otras fallas menores que, progresivamente hacia el norte, se unen con el semi-graben de Citla.

El Sistema Chapala-Oaxaca es un lineamiento de dirección aproximada N 50° W y 100 km de longitud que representa una estructura cortical con movimiento lateral izquierdo que separa la porción norte de México de los bloques Guerrero y Michoacán. El extremo NW de este sistema sobresale tres segmentos con cualidades distintas. El semigraben de Cotija y la Falla Huacana representan la deformación quebradiza de esta porción del sistema en tanto que en la parte sur del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), la deformación se ve reflejada por el alineamiento NE de centros volcánicos asumiendo que éstos son el reflejo de un sistema de diques a profundidad (Rosas-Elguera et al, 1999).

El semigraben de Cotija es una depresión de orientación N 50° W con una longitud de 32 km. La falla principal es de tipo normal de edad Mioceno superior-Plioceno con reactivaciones hasta el reciente.

El sistema Chapala-Oaxaca es una frontera que permite distinguir una parte sur del CVMG donde los lineamientos volcánicos, de dirección NE, están mejor definidos que la parte norte del CVMG. Esta frontera también limita una parte norte donde la concentración de MgO es menor que en su porción sur. Es también a lo largo de esta estructura donde se emplazan dos de los volcanes más recientes como son el Parícutín y el Jorullo. En la parte central de la carta se distinguen lineamientos de orientación N-NE que afectan de manera particular al Batolito de Jilotlán y a las unidades litológicas que lo circundan. Esta misma dirección es la misma que tienen los diques andesíticos del sur de Tecalitlán y norte de Tepalcatepec y que coincide con la dirección de los lineamientos volcánicos del sur del CVMG.

Los yacimientos minerales están relacionados genéticamente con la subducción de la Placa del Pacífico bajo la de Norteamérica, evento que tuvo su máxima intensidad entre el Cretácico superior y el Terciario inferior generando un arco magmático, al que se le atribuye el origen de la mineralización (González y Torres, 1988).

En el área cubierta por la carta hay gran variedad de yacimientos minerales metálicos, que por su evolución geológica la hace favorable para la localización de yacimientos de tipo vulcanogénico, hidrotermal, metasomáticos de contacto y pórfidos cupríferos. En la región occidental se determinaron dos regiones mineras que se denominaron Cerro Náhuatl-Salaton y Pihuamo.

La Región Minera Cerro Náhuatl-Salaton se divide en el Distrito Minero de Cerro Náhuatl-Salaton y en el Área Mineralizada de Piscila Salaton. El primero consiste de cuerpos metasomáticos de hierro con espesor promedio de 60 m. En una extensión de 400 m para el cuerpo Depósito Principal y una extensión de 240 m y espesor de 80 m para el cuerpo Depósito Poniente. El Área Mineralizada El Salaton Piscila con cuerpos irregulares de hierro en forma de bolsadas de 100 m de longitud, espesor de 40 m y 50 m de profundidad, con un origen metasomático de contacto. La Región Minera de Pihuamo comprende tres Distritos Mineros (Pihuamo, Tepalcatepec y Ahuijullo) y dos Áreas Mineralizadas (Jilotlán de Dolores y Santa María del Oro).

El Distrito de Pihuamo con yacimientos ferríferos metasomáticos de contacto, con minas en producción como son: Los Encinos con reservas de 17 000,000 de toneladas de hierro con contenidos de 65%; La mina El ánima cuyo potencial no está disponible. El Distrito de Tepalcatepec con yacimientos vulcanosedimentarios, dentro de los cuales las más importantes y actualmente en producción son, Mina La Codiciada con valores 1.0 g/ton. De Au, 1957 gr/ton. de Ag, 4% de Cu y 1.5% de Pb-Zn; y la Mina La Blanca con mineralización polimetálica de Ag, Pb, Zn y Ba, ambos en cuerpos irregulares; también se tienen minas y prospectos con mineralización polimetálica en forma de vetas, stockworks e irregulares. El Distrito de Ahuijullo que consiste de yacimientos irregulares de hierro, de origen metasomático, además de vetas hidrotermales con oro, plata, plomo, zinc y barita asociada.

El Área Mineralizada de Jilotlán de Dolores caracterizada por vetas hidrotermales con mineralización aurífera con valores de 1.8 gr/ton de Au y 1.33% de Cu (Mina La Inmaculada), y otros prospectos como son El Cobre con 5 gr/ton de Au y 0.6% de Cu, La Sultana con 0.6 gr/ton de Au y 0.3% de Cu y La Leona sin valores de Au pero con 0.14% de Cu. El Área Mineralizada de Santa María del Oro o Manuel M. Diéguez caracterizada por vetas angostas de poco corrimiento, pero con valores atractivos como en la Mina La Fortuna con valores de 14.82 gr/ton de Au y 277 gr/ton de Ag, el Prospecto El Bimbalete con valores de 450 gr ton de Ag y la Veta Hukas con 24.7% de Zn.

La Región Minera de Apatzingán-Nueva Italia comprende el Área Mineralizada de La Verde consistente de un stockwork con mineralización cuprífera del tipo pórfido cuprífero donde se han calculado reservas del orden de 19 000,000 de ton. con ley de 1.21% de Cu.

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 geológico-minera, con

el fin de generar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico-mineras, geoquímicas (31 elementos) y magnéticas, en formato cartográfico 1:50,000 y 1:250,000; el cubrimiento contemplado abarca una superficie de 1'350,000 Km², que es el área con mayor potencial minero del territorio nacional.

El caso del presente estudio consiste en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la Carta Colima, escala 1:250,000, clave E13-3, realizando estudios de interpretación de imágenes de satélite, la cartografía geológica minera, mapeando unidades litológicas, zonas de alteración, paralelamente se realiza un estudio geoquímico de sedimentos activos de arroyo; así como la prospección geológico-minera con su respectivo inventario e interpretación correspondiente.

1.2. TRABAJOS PREVIOS (Figura 1)

En la bibliografía consultada más importante sobresale todos aquellos que están orientados a la exploración geológico-minera de la región del área de estudio, así también trabajos de investigación efectuados por diferentes universidades e instituciones del gobierno y compañías privadas.

Se efectuó la recopilación bibliográfica de toda la información disponible en el aspecto geológico minero de la región de estudio, tomando en cuenta que en este estudio se revisaron 24 trabajos llevados a cabo anteriormente, los mismos que se describieron brevemente por orden cronológico.

Así mismo se realizaron estudios de investigación a nivel posgrado (maestría y doctorado) a través de diferentes instituciones educativas tanto nacionales como extranjeras.

- Echegoyen J., 1954. Realizó un estudio sobre los yacimientos ferríferos de El Saucito, El Presidio, El Guayabito y La Desconfianza, en Tecalitlán, Jalisco.

- Rodríguez A.U.G., 1960. Efectuó un estudio geológico regional de la zona ferrífera de Pihuamo Jalisco, concluyendo que los líquidos residuales de las intrusiones ricas en hierro reemplazaron a las calizas y en algunas fracturas, donde se depositó el mineral dando origen a los importantes yacimientos de hierro.

- Arriaga G.G., 1962. Llevó a cabo un estudio de geología y génesis del yacimiento de hierro del Cerro Nahuatl, donde el depósito está emplazado en la aureola de metamorfismo que provocó el cuerpo intrusivo de diorita de cuarzo.

- Durán M.H.A., 1977. Realizó un estudio geológico-minero en la loma oeste de la Mina la Verde en el Municipio de Nueva Italia Mich. Este yacimiento se considera de tipo de pórfido cuprífero y la mineralización en la mina es una diseminación de sulfuros de cobre.

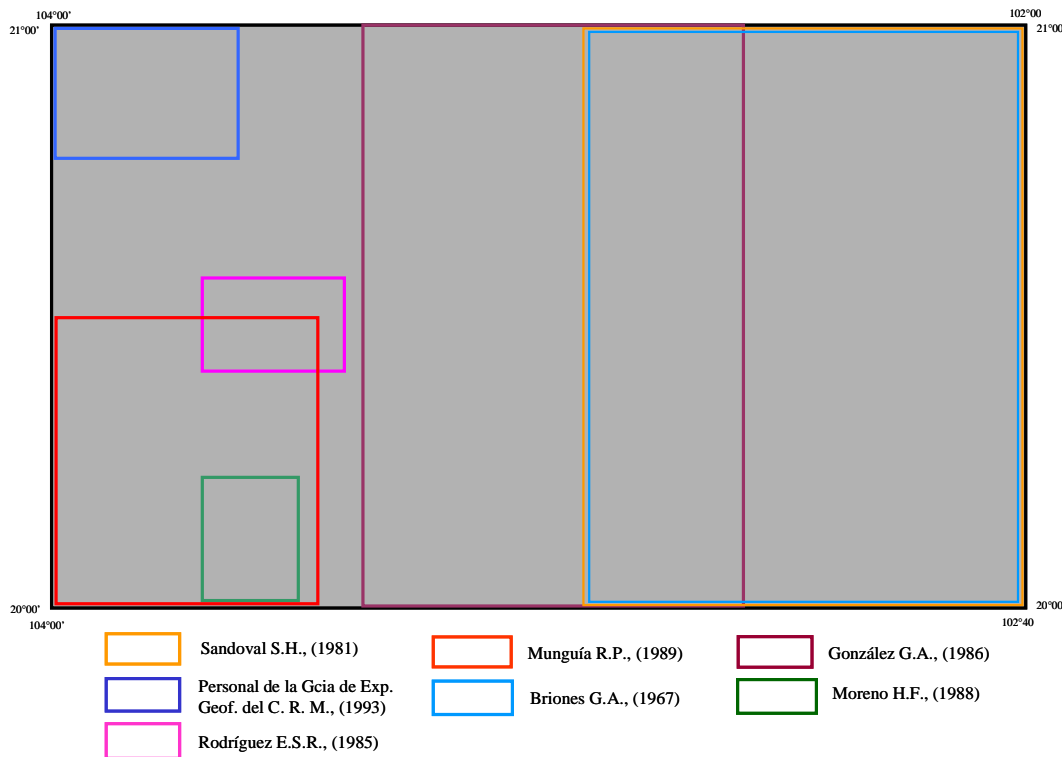


Figura 1. Recopilación de información

- López G., 1978. Realizó un calculo tentativo de las reservas del mineral residual de fierro en el yacimiento Ahuijullo dando un promedio de 500,000 ton de fierro.

- Mérida C.A. y Velasco J., 1978. Concluyeron que la mineralización está constituida por hematita, magnetita y especularita con unas reservas probables de 360,000 ton y 60,000 ton probadas.

- Velázquez S.E. y Rosales E., 1992. Efectuó un estudio geológico-minero a semidetalle de los prospectos Los Guajes y El Algodón en el área de Colomito y Piedra Imán en el Municipio de Tecalitlán Jal. Considerando favorable la estructura el Capiro con valores de 4.04% de Cu, 3.02% de Zn, 4.5 % Mn y 3.5 g/ton de Au.

- Romo R.J. et al., 1994. Realizan un estudio geológico-minero del prospecto La Higuera, Municipio de Tuxpan, Jal. Calculando unas reservas de 16'132,214 ton con un 91.72% de CaCO³ en promedio y menos del 4% de MgO.

1.3. MÉTODO DE TRABAJO

La metodología aplicada en la realización del proyecto integral cartográfico consiste de tres etapas durante un año:

- 1.- Gabinete, al inicio de los trabajos (recopilación de información).
- 2.- Cartografía, como parte medular del estudio.
- 3.- Integración, interpretación y elaboración de informe y planos finales, como resultado total del trabajo

La primera etapa de gabinete y no mayor a los dos primeros meses del año está compuesta de:

a.- Recopilación de información para su selección, integración y reinterpretación para los fines geológico-minero y geoquímicos perseguidos. Las fuentes de información son el propio Consejo de Recursos

Minerales, bajo una base cartográfica de INEGI, además de instituciones afines (PEMEX, CFE, SARH), universidades y empresas mineras.

b.- Interpretación de imágenes de satélite y modelos digitales de elevación con especial énfasis en lineamientos, curvilineamientos, zonas de alteración y relación estructural con yacimientos minerales conocidos, para la definición de nuevas áreas prospectivas.

La segunda etapa se realiza en campo y corresponde alrededor de nueve meses, donde los dos primeros meses la actividad es parcial y en general consiste en:

a.- Cartografía geológica, mediante la verificación de contactos, secciones geológicas y apoyo con las fotografías aéreas en áreas de complicación geológica y/o de interés económico. La información se enfoca hacia la obtención de cartas geológicas cronoestratigráficas.

b.- Reconocimiento geológico minero, con muestreo representativo de la mineralización, definiendo calidad, potencial y perspectivas de yacimientos minerales, tanto metálicos como no metálicos. Se delimitan zonas, distritos o provincias mineralizadas con sus respectivas características, además de áreas nuevas prospectivas.

c.- Obtención de muestras de esquirlas de zonas mineralizadas y alteraciones para análisis químico; muestreo de "roca entera", muestreo para petrografía y minerografía.

La tercera y última etapa consisten en la integración e interpretación de la información obtenida, se realiza durante los últimos tres meses del año. Se produce un informe final con los siguientes planos digitalizados: geológico minero estructural; plano de interpretación de imágenes. Cabe mencionar que la información estará disponible en diskette y se podrán combinar varios temas, para obtener planos especiales.

II.- GEOGRAFÍA

II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA (Figura 2)

El área de estudio se ubica en la porción sur occidental del Estado de Jalisco, comprendiendo parte de tres estados de la República Mexicana, que son: Jalisco, Colima y Michoacán, localizándose a 87 Km en línea recta al sur de la Cd. de Guadalajara. Esta carta cubre en algunos casos la totalidad ó parte de los municipios del Estado de Jalisco (27), Colima (7) y Michoacán (19), con

una superficie de 23,040 Km², entre las coordenadas geográficas 19° 00' 00" a 20°00'00" latitud norte y 102°00'00" a 104°00'00" longitud oeste

II.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

Esta carta posee una infraestructura adecuada a su situación geográfica en el país, ya que cuenta con vías terrestres, aéreas y ferroviarias. Su acceso es por las carreteras federales No. 54 Guadalajara-Colima, No. 110

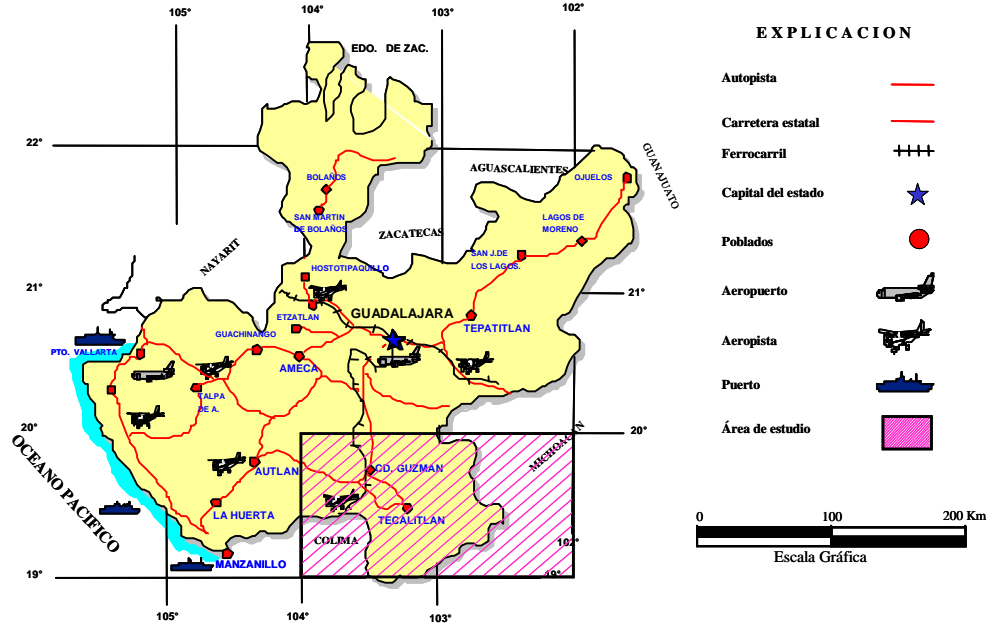


Figura 2. Plano de localización

Tecomán-Colima, No. 120 Coalcomán de Matamoros-Tepalcatepec, No. 37 Arteaga-Nueva Italia y No. 15 Piedad de Cavadas-Zamora; la carretera federal de cuota es: Guadalajara-Colima, así como innumerables caminos de terracería.

La navegación aérea en ésta región de estudio es importante ya que cuenta con un aeropuerto con capacidad de recibir aviones del tipo Jet DC9 y B-727, así como siete aeropistas reducidas con tránsito aéreo solo durante el día.

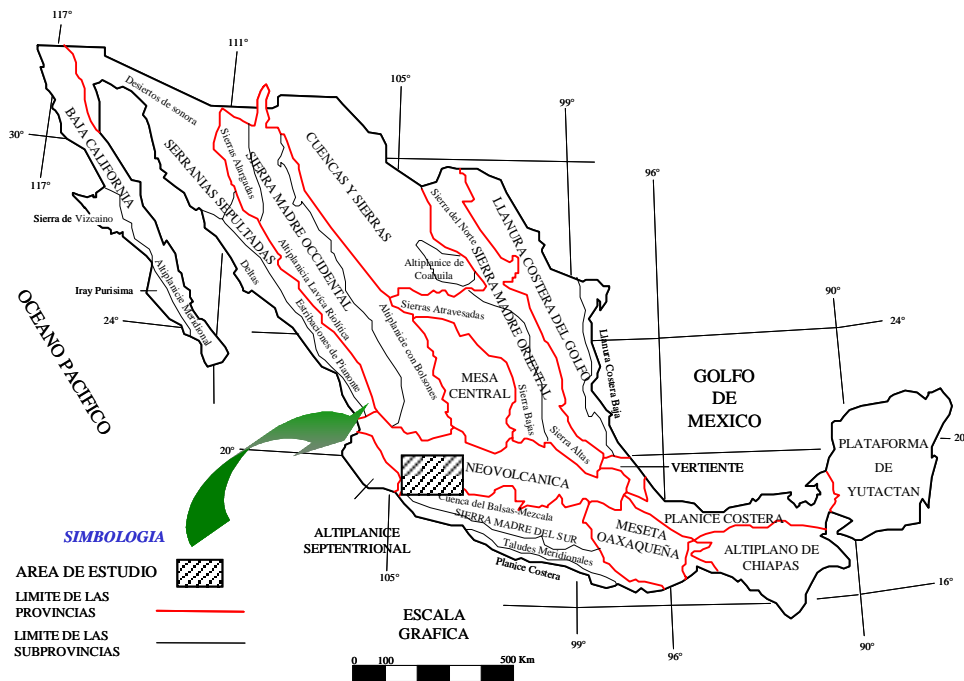


Figura 3. Provincias Fisiográficas

Por lo que respecta a ferrocarriles cuenta con las vías que van de Guadalajara a Manzanillo, cruzando la zona de estudio de noreste a sureste pasando por las estaciones de Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Tuxpan, Atenquique, Alzada, La Estancia, La Báscula, Colima, Coquimatlán y Madrid, el que va de México-Guadalajara-Ocotlán-La Barca-Yurecuaro-Zamora de Hidalgo-Los Reyes de Salgado.

II.4. FISIOGRAFÍA (Figura 3)

Tomando en consideración la clasificación de las provincias fisiográficas elaboradas por Raisz E. (1964), la Carta Colima queda comprendida en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y la Zona Neovolcánica. En dichas provincias la conformación del

relieve es el resultado de procesos endógenos y exógenos.

Estas provincias se caracterizan por presentar sistemas montañosos y mesetas alargadas y escarpadas orientados NW-SE, alcanzando diferentes altitudes que oscilan entre los 300 msnm (en el valle de Colima) y los 4,400 msnm (en el Nevado de Colima).

La porción correspondiente a la Sierra Madre del Sur, se caracteriza principalmente por su topografía montañosa con pendientes escarpadas, cuya altitud promedio varía de 300 msnm a 1,700 msnm.

III.- GEOLOGÍA

El área que cubre la Carta Colima resulta por demás interesante debido a que en ella convergen una serie de elementos geológicos importantes. En esta región se pueden documentar la Faja Volcánica Trans-Mexicana, la

Sierra Madre Occidental y las rocas antiguas (mesozoicas-terciarias) que constituyen los bloques Jalisco y Michoacán.

III.1. ESTRATIGRAFÍA (Figura 4)

Para efectos de la presentación de la estratigrafía de la región, se describirán las unidades litológicas de la más antigua a la más reciente.

III.1.1. TERRENO GUERRERO

Cuarcita Tamazula (Js C)

Definición: La unidad corresponde a rocas derivadas de metamorfismo regional que afloran al sur de Tamazula de Gordiano, las cuales se presentan como colgantes sobre el Batolito de Jilotlán, representan tentativamente el basamento de la columna estratigráfica de la Carta Colima. A la fecha se desconoce la existencia de trabajos previos para definir formalmente a esta unidad, de tal manera que queda abierta la discusión para su clasificación.

Distribución: Sus afloramientos se restringen casi exclusivamente a la porción central de la Carta Colima, localizados al SE del poblado de Tamazula de Gordiano, entre las rancherías de Agua Escondida, Las Pilas, Agua Fría y San Pedro. Las rocas de esta unidad se presentan en áreas de poca extensión, cubriendo las partes topográficamente altas.

Litología y Espesor: El análisis petrográfico, de la muestra N° 1231 recolectada en la localidad de Las Pilas, clasificó a la roca como una cuarcita micácea producto de metamorfismo regional, que tiene un aspecto gris con tonos

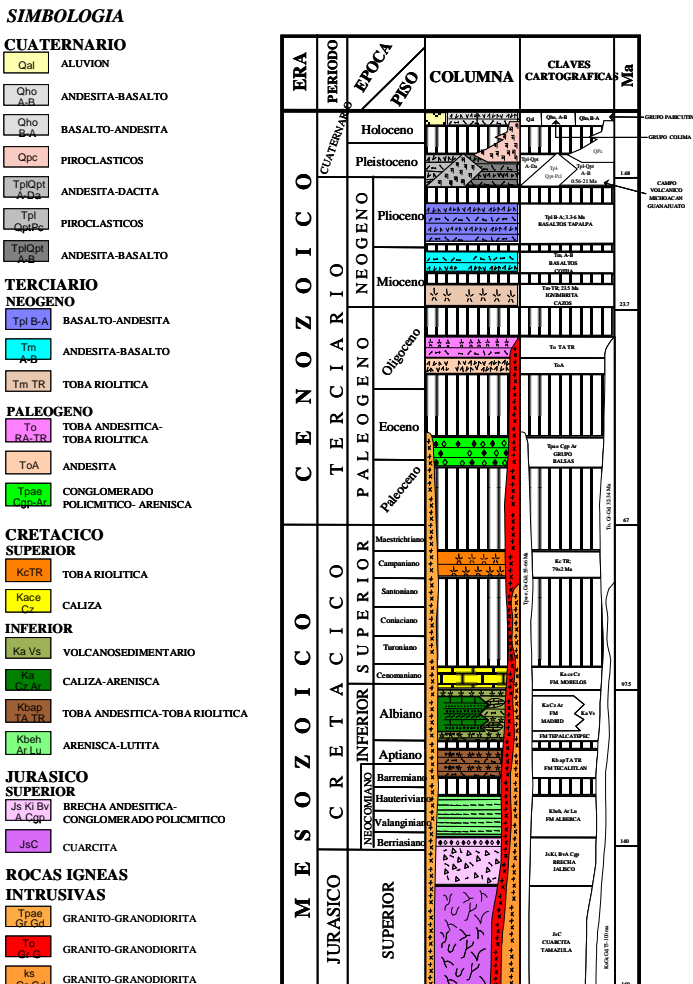


Figura 4. Colmna Estratigráfica

oscuros (**Fotografía 1**), textura compacta de tipo granoblástica de aspecto sacaroide, con una granulometría muy variada.



Fotografía 1. Cuarzita. Aspecto general de las rocas del basamento representada por las cuarzitas que están a manera de “colgantes” en la cima del Intrusivo de Jilotlán.

Al microscopio, los minerales principales son: (a) cuarzo anhedral en agregados granoblásticos dispuestos a manera de gruesas franjas orientadas paralelamente y alternando con franjas de moscovita-biotita; (b) moscovita, principalmente como agregados muy finos y escasos cristales grandes; (c) biotita anhedral en menos del 5 %. El espesor no se sabe con exactitud, por observaciones preliminares de campo se estimaron entre 50 m y 70 m.

Relaciones estratigráficas: El límite inferior de la unidad se estableció en el contacto con las rocas graníticas del Batolito de Jilotlán, presentándose en forma de colgantes que descansan sobre un cuerpo intrusivo de edad evidentemente más reciente (*Tpae*). Su límite superior se desconoce, esta relación no se pudo establecer considerando que el tipo de metamorfismo que afectó a esta roca no se aprecia en las unidades cercanas.

Edad y Correlación: Dada la naturaleza de la cuarzita como una roca producto de metamorfismo regional, además de considerar su posición estratigráfica y la relación que guarda con las rocas pelíticas de la Formación Alberca que la sobreyacen, a la presente unidad se le ha asignado una edad tentativa de Jurásico Superior.

Ambiente de Depósito: La cuarzita es una roca formada principalmente por cuarzo, cuyo protolito deriva principalmente de areniscas las que se vieron afectadas por un intenso metamorfismo de tipo regional.

Condiciones Geológico-Mineras: Se considera que la unidad carece de condiciones favorables para contener depósitos minerales de interés, principalmente por lo reducido de sus dimensiones.

Brecha Jalisco (*JsKi BvA-Cgp*)

Definición: La brecha volcánica de composición andesítica (**Fotografía 2**) que, tentativamente, para el presente trabajo se considera como evidencia de la presencia de los arcos insulares que se desarrollaron en el occidente de México durante fines del Jurásico. Debido a la escasa información de trabajos previos relativo al estudio de esta unidad, queda abierta la discusión sobre su definición.



Fotografía 2. Brecha Jalisco, de diámetro de los clastos puede llegar hasta los 0.5 m, NE de Tapalpa.

Distribución: Esta unidad tiene una amplia distribución en la porción centro-noroeste de la Carta Colima, desde la región del Semi-Graben de Cotija hasta la región de Tonaya, formando una franja con dirección principal E-W la que se ve interrumpida en la zona del Graben de Colima y queda enmascarada por los flujos del Complejo Volcánico Colima. Entre estos dos extremos la unidad se encuentra en el fondo de casi todos los valles de la región de Tamazula. En esta área, la localidad más representativa se aprecia en el arroyo de la falda sureste del Cerro de la Carbonera, localizado a 3.5 Km al N franco del poblado de Contla, Mpio. de Tamazula, Jal. Sin embargo existen otras localidades en donde aflora la unidad con claridad como son en el Río Tonaya a la altura del rancho El Aguacate a 13 Km al SW 81° de Tapalpa; al norte inmediato del poblado de Jiquilpan Mpio. de Venustiano Carranza sobre las márgenes del Río Tapalpa, en el rancho La Peña a 15 Km en línea recta al SE 34° del poblado de Mazamitla. La Brecha Jalisco también se ha reportado en la Carta Puerto Vallarta, en la región de Los Volcanes y al sur de Ameca. En este sentido su distribución es por demás amplia.

Litología y Espesor: Se trata de una unidad de origen volcánico predominantemente, de composición andesítica y, de acuerdo a los trabajos de campo, se pudieron apreciar dos miembros principales. El primero constituye la base de la unidad y se encuentra constituido por fragmentos de rocas de composición andesítica

predominantemente (**Fotografías 2 y 3**). En ocasiones estos clastos y la matriz se encuentran cloritizados lo que le imprime un color verde a la unidad. El diámetro de los fragmentos varía de unos pocos centímetros a 0.5 m. Hacia el centro de la Carta Colima, en la región de Tamazula-Manuel M. Diéguez, esta unidad es prácticamente de carácter sedimentario. Este segundo miembro está formado por conglomerados y areniscas de tonalidad rojiza, con estratos hasta de 0.30 m de ancho (**Fotografía 4**). En la barranca sureste del Cerro de La Carbonera se observa el cambio gradual del miembro inferior al superior de la unidad. No se observa a que unidad sobryace sin embargo, en el Horst de Tapalpa se tienen expuestos, al menos, unos 800 m. En general la unidad tiene un tono violáceo típico aunque puede variar dependiendo del grado y tipo de alteración.



Fotografía 3. Brecha Jalisco, el diámetro de los clastos puede llegar hasta los 0.5 m, Sur de Tapalpa.



Fotografía 4. Brecha Jalisco, el diámetro de los castos puede llegar hasta los 0.5, localidad Las Cuevitas, Arroyo Gómez al SE de Mazamitla, Jal.

Relaciones estratigráficas: La Brecha Jalisco subyace a la Formación Alberca del Berriasiano-Hauteriviano (*Kbeh Ar-Lu*) tal como se aprecia en los afloramientos

sobre el camino que va de los poblados de Contla a La Alberca.

No se observa a que unidad cubre. En la zona de Tonaya es clara la relación con la unidad mesozoica sobryacente. La Brecha Jalisco está cubierta por una secuencia detrítica en cuya base se observa un microconglomerado (los clastos de rocas volcánicas no son mayores de 0.5 m y están cementados por limos y arenas de grano fino) que progresivamente pasa a una arenisca, ambos de color rojizo que es una característica de esta unidad. Eventualmente la Brecha Jalisco está cubierta por rocas más jóvenes como los basaltos (*Tm A-B; Tpl B-A*), secuencia piroclástica (*To TA-TR*), toba riolítica (*Kc TR; Tm TR*) y Formación Alberca, principalmente.

Edad y Correlación: Tentativamente se le asigna una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior por su posición estratigráfica con respecto a la secuencia detrítica de la Formación Alberca, del Cretácico Inferior. Adicionalmente, la Brecha Jalisco no contiene fragmentos de intrusivo alguno, cuyas edades radiométricas están entre 75 Ma - 100 Ma (Schaaf P., et al., 1995), esto significaría una edad previa a los 100 Ma para la brecha. El estudio de esta unidad merece un mayor detalle dado que tiene una amplia distribución y su significado geológico aun no es del todo claro.

Ambiente de Depósito: El ambiente de depósito no se tiene definido, sin embargo de acuerdo a sus características litológicas así como a su distribución, tentativamente se puede asociar esta unidad de brechas andesíticas a un ambiente de arco volcánico que actuaron en el occidente de México durante el Jurásico Superior.

Condiciones Geológico-Mineras: Esta unidad no se encuentra relacionada con los depósitos minerales de los distritos conocidos, sin embargo existen algunas localidades en donde se observan alteraciones hidrotermales como es el Cerro de la Verdura en la zona de Santa Inés con una marcada propilitización, al norte del poblado de Jiquilpan Mpio. de Venustiano Carranza se presenta una zona cloritizada a la que se asocia una estructura tabular con un ancho promedio de 3 m y un corrimiento de 150 m, la actitud de la estructura es N85°W 60°SW la estructura presenta silicificación y como mineralización se aprecia carbonatos de cobre y óxidos de hierro. (Se tomó la muestra N° 430 para análisis químico).

Formacion Alberca (Kbeh Ar-Lu)

Definición: Este nombre fue propuesto de manera informal (Pimentel R.A., 1980) para una unidad de lutitas negras, tobas de color claro, areniscas ligeramente calcáreas y calizas negras arcillosas dispuestas en estratos delgados de 0.05 m - 0.10 m de espesor. Este autor separó un miembro superior sin macrofauna, constituido por calizas y lutitas negras, tobas color blanco y verde, escasos derrames andesíticos y areniscas de grano fino a medio de color café oscuro, de uno inferior constituido por lutitas negras calizas arcillosas, tobas y areniscas con abundante macrofauna.

Distribución: Las rocas de esta formación se localizan en la porción centro-noroeste de la carta. Particularmente se encuentra ubicada hacia el sur de Tapalpa, en la brecha que comunica este poblado con el de Venustiano Carranza. La mejor exposición de esta unidad se tiene en la ranchería La Alberca ubicada a 17.5 Km en línea recta al 35°NE de la población de Tamazula de Gordiano. Así mismo se puede observar aflorando al NE y SE del poblado de San José de la Montaña, al SE de Tamazula en las proximidades de las rancherías Uña de Gato, Agua Hedionda y SW de San Fernando. En la dirección de 55°NW a partir de Venustiano Carranza y a una distancia de 5 Km en línea recta también aflora esta formación.

Litología y Espesor: Se trata de una secuencia sedimentaria constituida por dos miembros (Pimentel R.A., 1980). El miembro inferior, de 990 m de espesor, lo forman lutitas negras ligeramente calcáreas, poco arenosa, alternando con horizontes delgados de tobas y presenta contenido de macrofauna. El miembro superior, de 200 m de espesor, está representado por lutitas negras con horizontes delgados de calizas, areniscas de grano fino de color café, tobas arenosas y derrames de composición andesítica. Los estratos de arenisca de la Formación Alberca se presentan en capas delgadas de unos cuantos centímetros intercaladas con estratos de lutitas y limolitas. Hacia la cima, también se observan eventuales “lentes” de calizas y estratos delgados de calizas fosilíferas. Justo al NW del poblado de Venustiano Carranza (19°46'51" / 103°48'06"), PEMEX perforó el pozo Tapalpa-1 que alcanzó 1754 m de profundidad (389 msnm). Este pozo cortó 330 m aproximadamente de la Formación Alberca, sin embargo se han logrado medir espesores de 990 m para el miembro inferior en la localidad tipo (Pimentel R.A., 1980) y 1,500 m al occidente de Tepalcatepec (Cuevas G.M.C., 1983).

Relaciones estratigráficas: Esta unidad sobreyace a la Brecha Jalisco y subyace a los basaltos alcalinos en el escarpe de la falla principal que limita hacia el occidente al Semi-Graben de Sayula, donde además está intrusionada por un dique de composición granítica,

quizá ello provocó la mineralización por pirita diseminada que se le observa en muestra de mano.

Hacia el sur, a lo largo de la terracería que comunica Tapalpa con Venustiano Carranza, la Formación Alberca es cubierta por los basaltos alcalinos del Plioceno de color gris claro y cuya peculiaridad es la abundancia de hiperstena, en tanto que en el área de Soyatlán también está cubierta por basaltos, quizá también alcalinos pero aquí la abundancia es de hornblenda. Inmediatamente por debajo de la Formación Alberca, el pozo Tapalpa-1 cortó una “...aureola de emplazamiento...” de aproximadamente 1,106 m de espesor y luego 140 m de granodiorita que intrusión a andesitas. La granodiorita dio una edad isotópica de 107 Ma ± 9 Ma (Albiano) (Razo R.R., 1986). En este trabajo consideramos, de acuerdo con la geología superficial, que por debajo de la Formación Alberca, el pozo cortó la Brecha Jalisco cuyos fragmentos son exclusivamente de composición andesítica como ya se señaló en su oportunidad. En la localidad El Vergel, al norte de Tecalitlán, la Formación Alberca es cubierta discordantemente por la Formación Tecalitlán (**Fotografía 5**).



Fotografía 5. Calizas y Lutitas con estratificación delgada de la Formación Alberca subyacen a la Formación Tecalitlán. Localidad de Barranca El Vergel al norte de Tecalitlán.

Edad y Correlación: De acuerdo con los resultados paleontológicos reportados para las localidades de La Alberca y Puente Tamazula, se identificó la macrofauna siguiente (Ramírez M.I., 1981):

<i>Subturmania sp.</i>	Berrriasiano
<i>Berriasella sp.</i>	Berrriasiano
<i>Turmaniceras sp.</i>	Valanginiano
<i>Mexicanoceras sp.</i>	Hauteriviano
<i>Neocomitidos sp.</i>	Hauteriviano-Valanginiano

Hacia el norte de Venustiano Carranza se determinaron los siguientes fósiles del Valanginiano Superior-

Hauteriviano Inferior (Alarcón C.L.,1981): *Neocomites sp.*, *Taraistes Off Neolonese Cantu Leopoldina sp.*

Se correlaciona con la Formación San Lucas de la Cuenca de Huetamo, y la Formación Tamaulipas Inferior de la Cuenca Tampico-Misantla

Ambiente de Depósito: El miembro superior sugiere un ambiente de depósito que corresponde a cuencas someras con fondos irregulares, algunas áreas fueron más profundas y de ambiente reductor, de poca circulación y con aporte de material volcánico. Por otra parte, las escasas estructuras sedimentarias de esta formación (rizaduras, lentes de conglomerados depositados en riachuelos, capas gruesas de plantas transformadas en carbón, entre otras) parecerían indicar que la secuencia fue depositada en un mar de tipo epinerítico.

Condiciones Geológico-Mineras: La Formación Alberca, dentro de la zona de estudio, no muestra evidencias de mineralización, así mismo no forma parte de las rocas encajonantes de las zonas mineras conocidas.

Formación Tecalitlán (Kbap TA-TR)

Definición: Esta formación fue propuesta informalmente para referirse a una secuencia de rocas volcánicas constituida por ignimbritas, aglomerados, tobas líticas, derrames andesíticos del Barremiano-Aptiano (Rodríguez F.D., 1980). La localidad tipo se encuentra a lo largo de la carretera federal No. 110 en el tramo comprendido entre Tecalitlán y El Carrizalillo.

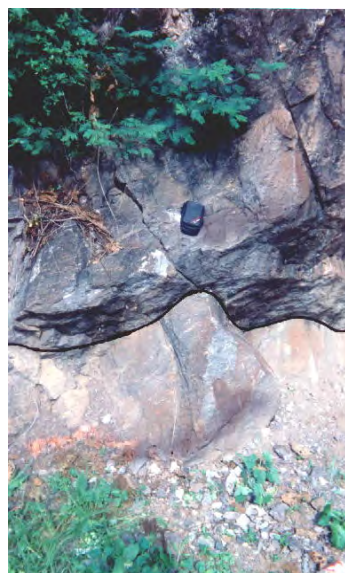
Distribución: Esta formación está prácticamente distribuida en la porción centro occidente de la Carta Colima. Los afloramientos más representativos de la formación se localizan al N y SE de Tecalitlán, de la misma manera, próximo a Tamazula de Gordiano afloran hacia el N en el Cerro de La Malagueña, al SW en los Cerros del Portezuelo Viejo, Santa Gertrudis, Cerro de Las Milpillas y El Cerro de Tuxpan, al NE en la Loma de Los Coyotes próximo al poblado El Tulillo, y hacia el SE de Atenquique. Asimismo aflora en los arroyos San Pedro y Guayabito (Rancho Santa Rosa), Presa El Salto y Los Horconitos.

Litología y Espesor: Esta unidad está constituida por una sucesión, fundamentalmente, piroclástica (brechas, aglomerados, ignimbritas y eventuales lavas andesíticas) cuya composición varía de andesítica a riolítica. Los afloramientos más importantes de esta formación se localizan a lo largo de la carretera federal No. 110 (Tecalitlán-Pihuamo) donde es posible notar que el espesor alcanza los 1,800 m (Rodríguez, F.D., 1980). En los pozos perforados por PEMEX se cortaron 420 m,

2,300 m y 177 m (pozos Jalisco-1, Tonaya-1 y Colima-1, respectivamente) de esta unidad.

En los alrededores de la Mina El Encino, (Pantoja A. J. et al 1986), describen la Formación Tecalitlán como “...una secuencia que consiste de derrames porfídicos de composición riolítica a dacítica con intercalaciones de tobas, todo muy compacto y de color rojizo a café pardo...”

Relaciones estratigráficas: La Formación Tecalitlán es cubierta discordantemente, en el Cerro de Tuxpan, por una sucesión constituida por un conglomerado polimíctico, limolitas, areniscas y margas del Aptiano Temprano (Pantoja A.J., et al., 1986). En Atenquique (19°31'32"/103°25'42''), la Formación Tecalitlán también es cubierta discordantemente por las calizas de la unidad **Kace Cz (Fotografía 6)**. En la localidad de Agua Caliente a 51° al NE y 1.5 Km en línea recta de Tamazula de Gordiano, la Formación Tecalitlán cubre discordantemente a un paquete de lutitas negras y areniscas de grano fino de la Formación Alberca. La Formación Tecalitlán es afectada por el Batolito de Jilotlán y diques de composición andesítica.



Fotografía 6. Ignimbrita de la Formación Tecalitlán subyaciendo a las Calizas Morelos (Kace Cz) en la localidad de Atenquique.

Edad y Correlación: Su edad se estableció por posición estratigráfica, debido a que está definida entre dos formaciones bien datadas con paleontología (Fm Alberca y Fm Tepalcatepec), la edad estimada para la Formación Tecalitlán fue Barremiano-Aptiano. Por otra parte,

aunque no se tienen edades isotópicas es posible establecer una edad indirecta. En el sitio (19°26'10" / 103°21'03") se observa que esta unidad está mineralizada con sulfuros (pirita). Si se asume que el responsable de la mineralización de esta región es el Batolito Jilotlán (58 Ma en promedio) entonces la Formación Tecalitlán debe necesariamente ser anterior.

En este sentido, en la zona del Encino, Pantoja A.J. (1983) reportó una sucesión estratigráfica donde hay una ignimbrita de composición riolítica de 79 Ma, lo cual sería consistente con la edad indirecta establecida arriba. Aunque Pantoja A.J. (1983) dató una andesita, dacita y una toba riolítica de la Formación Tecalitlán en 93 Ma \pm 4 Ma, 92 Ma \pm 2 Ma y 66 Ma \pm 1 Ma, respectivamente (Cenomaniano y Paleoceno) es indudable que estos fechamientos son erróneos dado que esta formación es cubierta por rocas del Albiano.

Condiciones Geológico-Mineras: Las principales evidencias de la mineralización se tienen al Este de Tecalitlán, Jal., donde se observan áreas de oxidación interesantes y estructuras mineralizadas por sulfuros (e.g. La Orquídea, El Saucito).

Formación Tepalcatepec (Ka Vs)

Definición: En este trabajo la secuencia volcanosedimentaria incluye a las formaciones Tepalcatepec (Pimentel R.A., 1980), Encino y Vallecitos (Pantoja A.J., et al., 1986).

Pimentel R.A. (1980) definió la Formación Tepalcatepec como "...calizas con rudistas y microfauna bentónica en capas gruesas a masivas, alternando con capas gruesas de tobas andesíticas y brechas volcánicas...". Por su parte, Pantoja A.J., et al., (1986) describen la Formación Encino como "... una serie de rocas volcanoclásticas marinas que consisten de conglomerados, tobas epiclásticas gris verdosas granulométricamente representadas por areniscas, limolitas y lodolitas, con intercalaciones lenticulares de caliza que sobreyacen en discordancia angular a volcanoclastos, derrames subaéreos y calizas de la Formación Vallecitos..." En tanto que los mismos autores definen la Formación Vallecitos como "...una secuencia de más de 350 m de derrames, toba ignimbérica, caliza arrecifal y rocas volcanoclásticas de ambiente marino..."

Distribución: La secuencia volcanosedimentaria tiene una distribución por demás amplia, aflora prácticamente en toda la porción central de la Carta Colima. En el sector occidental se ubica al S-SE de Colima en un área de dirección N-NW. Por su parte en el sector central rodea prácticamente la margen W y S-SE del Batolito Jilotlán y en el norte se observa en la localidad de Soyatlán de

Adentro y de La Presa. Al NW de Tepalcatepec puede observarse a lo largo del camino entre la ranchería La Estanzuela y la Mina La Codiciada (Gallardo), así como en la Mina La Blanca (San Isidro). Hacia el sur de Tepalcatepec, se observa en los alrededores del poblado San José del Limón-Las Animas. Las secciones tipo estudiadas por Pantoja A.J., et al., (1986), se localizan en la Mina El Encino, donde actualmente se está explotando fierro.

Litología y Espesor: La secuencia volcanosedimentaria en su conjunto muestra ciertas variaciones. En la región donde fue definida como Formación Tepalcatepec (Pimentel R.A., 1980), la secuencia volcanosedimentaria está constituida por bancos calcáreos compuestos por wackestone, packestone, escaso grainstone y mudstone de color café grisáceo y claro con capas gruesas a medianas; o cuerpos arrecifales y masivos, calizas arcillosas de coloración amarillo oscuro con abundante macrofauna (gasteropodos y bivalvos) escasas lutitas, calizas areno-arcillosas y areniscas ligeramente calcáreas de grano fino a medio, que se encuentran entre capas medianas a gruesas de limolitas rojas, tobas areniscas conglomeráticas, conglomerados de color rojizo y escasos derrames andesíticos. El pozo Jalisco-1 atravesó diez unidades litoestratigráficas, en tanto que el pozo Tepames-1 cortó doce unidades. Las profundidades totales en esos pozos fueron de 3,658 m y 3,257 m bajo el nivel de la rotaria, respectivamente.

Al sur de Tecalitlán, la secuencia está formada por una sucesión de areniscas, lutitas y tobas de composición riolítica y andesítica. Los bancos de caliza incluidos en la secuencia se presentan en forma de lentes de dimensiones kilométricas y de espesores de 30 m - 50 m (**Fotografía 7**). Estos lentes son obvios en las localidades de Veintiuno de Noviembre, La Plomosa y Santa Rosa. Al norte de Soyatlán de Adentro (La Presa) se aprecia una alternancia de lutitas con presencia de microfósiles, alternando con horizontes delgados de calizas y en la base areniscas de grano fino, en conjunto la unidad se presenta plegada observándose una serie de fracturas y fallas normales. Las capas tienen un So definido por 45°NE e inclinación de 21°SE.

En los alrededores de la Mina El Encino, Pantoja A.J., et al., (1986) distinguieron un miembro inferior y uno superior para la Formación Encino. El primero consiste de unos 230 m de rocas volcanoclásticas y sedimentarias marinas formada por conglomerados de fragmentos volcánicos en matriz tobacea limo-arenosa, arenisca y limolitas calcáreas, toba epiclástica y capas de caliza arrecifal. En tanto que el miembro superior consiste de 190 m de una gruesa secuencia tobacea de lodolita, limolita y arenisca calcárea, con intercalaciones de lentes de caliza y conglomerado calizo. Respecto a la

Formación Vallecitos también se distinguen un Miembro Tobaceo y otro Miembro Calcáreo (sic) (Pantoja A.J. et al., 1986).



Fotografía 7. Secuencia Volcanosedimentaria. Fracción detrítica (lutitas y areniscas de la Formación Tepalcatepec en la mina La Codiciada.

Petróleos Mexicanos perforó varios pozos al sur de Colima. Los pozos Tepames-1 y Jalisco-1 cortaron 3,262 m y 3,676 m, respectivamente de la secuencia volcanosedimentaria, sin embargo es muy probable que estos espesores estén influenciados por efectos del plegamiento y, consecuentemente, los estratos se repetirían o la perforación sería a rumbo de la formación.

Relaciones estratigráficas: La secuencia volcanosedimentaria cubre de manera discordante a las rocas piroclásticas de composición andesítica de la Formación Tecalitlán (*Kbap TA-TR*) y es cubierta por las calizas del Albiano-Cenomaniano (*Kace Cz*), tobas del Oligoceno (*To TA-TR*) y conglomerados del Paleoceno-Eoceno (*Tpae Cgp-Ar*). Internamente, la secuencia volcanosedimentaria tiene al menos dos discordancias angulares distinguidas por Pantoja A. J. et al., (1986) las cuales se aprecian en la Mina El Encino donde la Formación Vallecitos cubre en discordancia angular a la Formación Encino.

Edad y Correlación: Los fósiles encontrados en la base de la secuencia corresponden a *Cassiope sp.*, *Nerinea sp.*, *Radiolites sp.* y *Orbitolina sp.* En tanto que en los bancos arrecifales la presencia de *Coalcomana ramosa* (Bohem) *Chondrodona sp.* y *Toucasía sp.* permiten determinar una edad del Albiano (Pantoja A.J., et al., 1986). Además de estos fósiles también se han reportado (Ramírez M.I., 1981; Alarcón C.L., 1983; Razo R.R., 1986):

<i>Dictyocunus sp.</i>	Albiano Medio
<i>Favusella sp.</i>	Albiano Medio
<i>Calcispherula innominata</i>	Albiano
<i>Pithonella ovalis</i>	Albiano

<i>Miliolidos</i>	Albiano
<i>Orbitolina</i>	Albiano Inferior
<i>Colomiella recta Bonet</i>	Albiano Inferior

Ambiente de Depósito: Por el tipo de fósiles reportados, el ambiente de depósito corresponde a un mar transgresivo de aguas someras cálidas, durante un periodo de vulcanismo predominantemente explosivo con alternancia de periodos de tranquilidad que permitieron el desarrollo de arrecifes de extensión limitada. Considerando la asociación de foraminíferos bentónicos (*Dicyclina schlmbergeri*) con microfauna planctónica (*Favusella*, *Pithonella ovalis*) se considera un ambiente lagunar de baja energía mecánica, característico de bancos interarrecifales con aportes de sedimentos terrígenos y vulcanoclásticos.

Condiciones Geológico-Mineras: Desde el punto de vista minero esta secuencia es de especial interés debido a que en ella se localizan las minas de fierro más importantes como son: El Encino, El Chillido, Las Animas, Palo Bobo, El Conejo, Fierro Obregón, Piscila y El Salatón. Por otra parte en la región de Tepalcatepec, se encuentran minas como La Blanca (**Fotografía 8**) y La Codiciada (**Fotografía 9**) que representan yacimientos en los que la barita, oro, plata, plomo y zinc son la mena. Por tal motivo esta unidad representa uno de los horizontes litoestratigráficos susceptibles de contener mineralización de interés económico.



Fotografía 8. Mina de Barita y sulfuros “La Blanca” en el municipio de Tepalcatepec, mich.

Formacion Madrid (*Ka Cz-Ar*)



Fotografía 9. Mina de Barita y sulfuros “La Codiciada” en el municipio de Jilotlán de los Dolores, Jal.

Definición: Se trata de una secuencia de mudstone arcilloso gris oscuro y lutitas ligeramente carbonosas gris oscuro a negro, estratificación delgada a mediana, que cambia de facies a yesos y que afloran en pequeños lomeríos en las proximidades de la estación del ferrocarril Madrid, donde está la localidad tipo (Pano A.A., 1975).

Distribución: La Formación Madrid aflora al oriente de la población Madrid de donde toma el nombre. Asimismo se puede observar hacia el sur de Colima, a lo largo de la autopista Colima-Manzanillo. Esta formación constituye el núcleo del Anticlinal de Jala (Razo R. R., 1986).



Fotografía 10. Deformación de la Formación Madrid. Comparese este estilo de deformación con las calizas masivas de la unidad Ka ce Cz (ver Fotografía 11).

Litología y Espesor: La Formación Madrid está constituida por dos miembros bien definidos, el inferior, formado por un mudstone arcilloso de color café oscuro a negro en capas de 0.20 m a 0.30 m interestratificado con lutitas carbonosas de color gris oscuro a negro en

paquetes de 5 m a 10 m, con gran abundancia de restos de plantas asociadas con amonites (**Fotografía 10**). El miembro superior está constituido por yesos blancos, grisáceos y gris claro en estratos medianos.

En el campo están expuestos 800 m aunque no se pudo observar su base; sin embargo, el pozo Colima - 1 atravesó 3,855 m de esta formación pero con la repetición de estratos por lo que se interpretaron varias fallas inversas (Razo R.R., 1986)

Relaciones estratigráficas: Sobreyace a la Formación Tecalitlán. Esta unidad se considera un cambio de facies dentro de la Formación Tepalcatepec por lo que, como se muestra en la columna geológica, está incluida en ella, en el tiempo.

Edad y Correlación: Considerando los fósiles de la Formación Madrid, a ésta se le ha asignado una edad Albiano debido principalmente a la presencia de:

<i>Colomiella recta</i>	Albiano Inferior
<i>Hedbergella sp.</i>	Albiano Inferior
<i>Bishopella sp.</i>	Albiano Medio
<i>Favusella hiltermanni</i>	Albiano Medio
<i>Drackeoceras sp.</i>	Albiano
<i>Histeroceras sp.</i>	Albiano
<i>Oxytropidoceras sp.</i>	Albiano

Ambiente de Depósito: De acuerdo con los fósiles y la litología de la Formación Madrid se reconocieron dos microfacies. Una determinada por la presencia de *Colomiella recta*, *Colomiella mexicana*, *Globigerinoides*, *Favusella sp.* y *Hedbergella* que corresponden a una fauna planctónica. La otra determina la presencia de fauna bentónica representada por *Calcispherula innominata*, *Pithonella ovalis*, *Bishopella*, *Favusella Washitensis* y *Calcispherula sp.* Las dos microfacies de esta formación son características de aguas profundas (Razo R.R., 1986).

Por otra parte, en el pozo Colima-1 y considerando los radiolarios clasificados, aproximadamente el 90 % de la Formación Madrid corresponde a facies de cuenca, aunque presenta interdigitaciones de calizas de plataforma, además de algunas zonas de talud y corrientes de turbidez. Esto es consistente con la geología superficial considerando que la Formación Madrid cambia a facies más someras hacia el oriente en donde se tienen calizas francamente arrecifales.

Condiciones Geológico-Mineras: Asociados a esta formación hay yacimientos importantes como el de hierro ubicado en el Cerro Náhuatl y la Mina La Salada (de donde se produce cal hidratada y yeso), en el Cerro Galindo. Además, a lo largo de la carretera Manzanillo-

Colima se están explotando a cielo abierto yesos y calizas.

Formación Morelos (z) (Kace Cz)

Definición: Aunque ahora la Formación Morelos está restringida para referirse a la sucesión de rocas carbonatadas que afloran en los estados de México, Guerrero y Morelos, en la región de estudio se tienen rocas correlacionables con esa formación (**Fotografía 11**).



Fotografía 11. Calizas de estratificación gruesa localizadas al SW de San Pedro Toxin y que forman la Sierra de Manantlán.

Distribución: Esta unidad calcárea se localiza al E-SE de Ciudad Guzmán, próximo a las poblaciones de Huescalapa, Zapotiltic, El Rincón, La Tolteca y El Cortijo y más al NE entre el poblado de Ferrería y Soyatlán. En Atenquique aflora formando parte del flanco oeste del Cerro Peña Colorada. Al oeste y noroeste de Colima forma una gran parte de la Sierra de Manantlán constituyendo un anticlinal. Existen afloramientos importantes en las inmediaciones de Tonaya; así como también al SE de Colima.

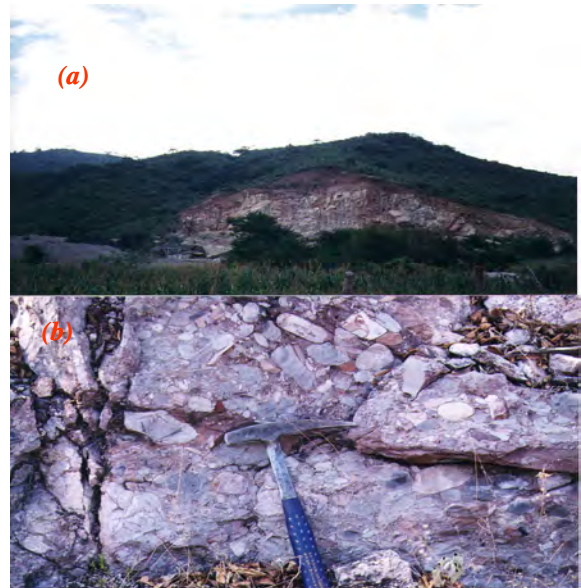
Litología y Espesor: En la zona de Huescalapa-Zapotiltic las calizas presentan una estratificación gruesa de 0.30 m a 1.5 m. Algunos horizontes se observan en forma masiva, su color varía de gris claro a oscuro, presenta recristalización de carbonatos en fracturas, el rumbo de las capas es de 38°NE, con una inclinación de 42° NW.

En Soyatlán de la Presa-Ferrería la caliza se presenta en estratos gruesos a masivos y contiene horizontes de yesos. Los afloramientos en Atenquique muestran una caliza arcillosa de color negro con aspecto terroso al intemperismo, se tiene la presencia de fauna (moluscos), sus estratos varían de 0.10 m a 1 m de espesor, se presenta interestratificada con una lutita carbonosa de estratos delgados definidos por N-S 30°W. El espesor observado en campo en la localidad de Atenquique es aproximadamente de 500 m, y en las zonas de Huescalapa-Zapotiltic rebasan los 300 m, por barrenaciones efectuadas por la Cía. Caleras Fernández se estima que el espesor es mucho mayor.

Relaciones estratigráficas: Para la localidad de Atenquique su límite inferior se define por medio de una discordancia angular con la Formación Tecalitlán. Su contacto superior tiene lugar con los lechos rojos de la Formación Cerro la Vieja (Grupo Balsas) y los depósitos piroclásticos (*Tpl Qpt-Pc*) recientes de la Sierra del Tigre (**Fotografía 12**).

Edad y Correlación: Se designó una edad de Albiano-Cenomaniano basándose en su posición estratigráfica con respecto a las formaciones que la subyacen y sobreyacen, además de considerar sus características litológicas que la correlacionan con la Formación Morelos de la Cuenca Guerrero-Morelos.

Ambiente de Depósito: De acuerdo con la fauna encontrada, se reflejan condiciones de un ambiente de plataforma somera que permitió el desarrollo de depósitos calcáreos con la proliferación de organismos bentónicos.



Fotografía 12. Formación Cerro La Vieja. (a) Capas rojas de la Formación Cerro La Vieja que cubren a las Calizas Morelos en la zona de Huescalapa – Zapotiltic. (b) Detalle de la Formación Cerro La Vieja en la localidad de Tuxcacuesco.

Condiciones Geológico-Mineras: Las zonas S, SE y NE de Ciudad Guzmán que queda delimitada por los poblados de Huescalapa, Zapotiltic, El Rincón, La Tolteca, El Cortijo y Ferrería-Soyatlán, representan una importante región de no-metálicos, produciendo cal de buena calidad, yeso y cemento. En localidades como la Sierra de Manantlán y la Sierra del Naranjo al NW y SE de la ciudad de Colima se presentan cuerpos de calizas con características similares a las localidades arriba citadas, de gran interés para realizar estudios complementarios para su posible explotación.

Batolito de Puerto Vallarta (Ks Gr-Gd)

Definición: El suroeste de México se distingue por una zona de rocas plutónicas del Cretácico-Terciario de afinidad calco-alkalina expuestas desde Puerto Vallarta hasta el Golfo de Tehuantepec. Esos plutones intrusionan unidades mesozoicas las cuales incluyen una secuencia metasedimentaria y otra volcanosedimentaria no metamorfizada (González P. E. y Torres R. V., 1988). Uno de los plutones más grandes localizado a lo largo del margen continental de México es el Batolito de Puerto Vallarta el cual cubre una superficie de ~9000 Km² (Schaaf P. et al., 1995).

Distribución: El Batolito de Puerto Vallarta aflora prácticamente desde Puerto Vallarta hasta Manzanillo (Figura 5) En la zona de estudio aflora al occidente de Colima, justo al sur de la Sierra de Manantlán. Este cinturón de rocas plutónicas puede ser continuado hacia el norte para formar la cordillera plutónica de Baja California y Golfo de California (Gastil R.G., et al., 1975).

Litología y Espesor: La faja de intrusivos varía de granito, granodioritas y cuarzomonzodioritas a tonalitas cuyas edades decrecen progresivamente de NW a SE (Schaaf P., et al., 1995). El Batolito de Puerto Vallarta representa el más antiguo y el extremo NW de esta faja batolítica. De acuerdo con los modelos gravimétricos, el espesor cortical en el Bloque Jalisco es de aproximadamente 39 Km (Urrutia F., et al., 1996). A partir de los análisis de los elementos traza, es posible demostrar que este batolito tiene una afinidad tectónica correspondiente a los granitos desarrollados en un arco volcánico de tal manera que representa las raíces de un arco volcánico Cretácico (Schaaf P., et al., 1995). El Batolito de Puerto Vallarta y los cuerpos intrusivos del Bloque Michoacán son geoquímica e isotópicamente diferentes.

El Bloque Michoacán, expuesto al oriente del Graben de Colima en buena parte está conformado por un batolito tonalítico a cuarzomonzonítico del Terciario Temprano (Pantoja A.J., 1983; Schaaf P., et al., 1995) el cual intrusióna una sucesión marina volcánica y sedimentaria de edad Cretácico. Aunque los bajos cocientes de ⁸⁷Sr/ ⁸⁶Sr de los plutones expuestos en el Bloque

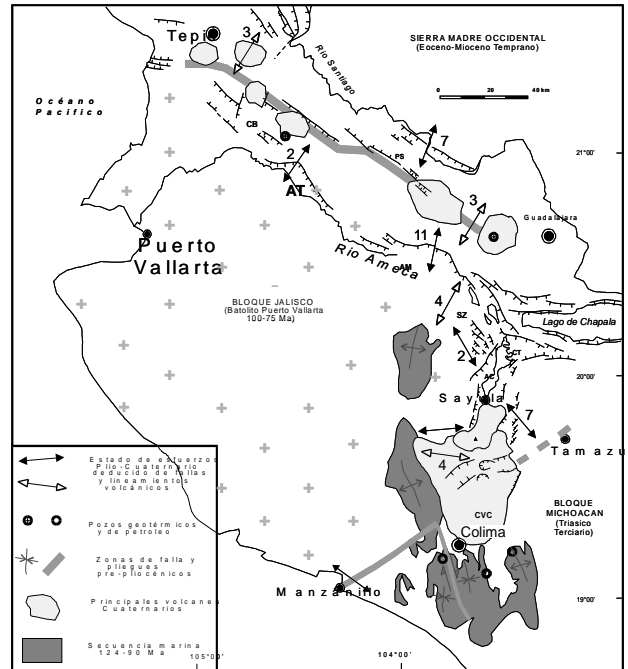


Figura 5. Mapa tectónico del Bloque Jalisco. Las flechas dobles indican las orientaciones De los esfuerzos horizontales mínimos. Claves AC, Amatlán de Cañas, AM-Ameca, SZ-San Marcos-Zacoalco, AC-Amacueca, CT-Citala. CVC es Complejo Volcánico Colima. (tomado de Rosas-Elquera et a l.,1996).

Michoacán sugieren una fuente del manto sin contaminación cortical (Pantoja A.J., 1983), las edades modelo de neodimio sugieren que el Batolito de Puerto Vallarta pudiera estar subyacido por un basamento más antiguo (Paleozoico-Proterozoico) (Khöler H., et al., 1988; Schaaf P., et al., 1995). Adicionalmente, en la parte oriental del Batolito de Puerto Vallarta, la presencia de granitos de dos micas junto con granitos tipo S sugiere que la contaminación cortical jugó un papel más importante que en la parte occidental.

Relaciones estratigráficas: En la Figura 6 se muestra el área afectada por la influencia térmica de los plutones de Puerto Vallarta y Jilotlán durante su emplazamiento. De esta figura, resulta obvio que esos cuerpos intrusivos no tuvieron influencia entre sí de tal manera que se formó un límite natural entre ellos. Por ello uno puede intuir claramente que, al menos el límite continental oriental del Bloque Jalisco es una zona de debilidad, anterior al desarrollo del Graben de Colima. En el oriente de la zona de estudio el Batolito de Puerto Vallarta intrusióna a las rocas del Cretácico Inferior como por ejemplo a la Formación Alberca.

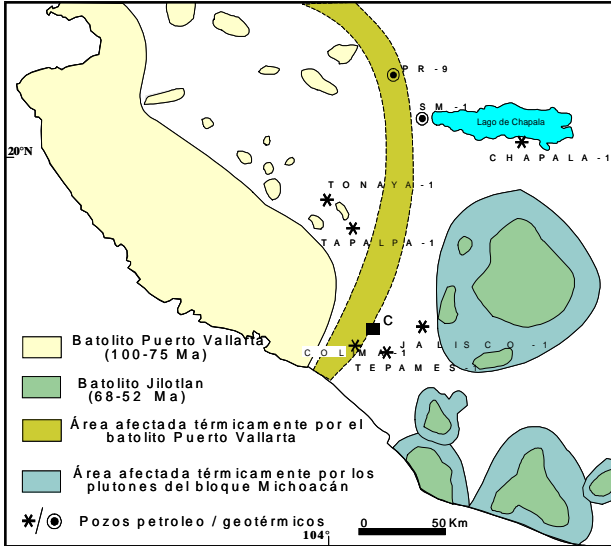


Figura 6. Distribución aproximada de los batolitos Puerto Vallarta y Jilotlán. Nótese que el área de influencia térmica de los plutones sugiere que no hubo interacción entre ellos formándose un límite natural (Tomado de Grajales N. M., et al., 1983).

Edad: De acuerdo con los resultados isotópicos reportados, la edad del Batolito de Puerto Vallarta está entre 100 Ma y 75 Ma (Schaaf P., et al., 1995).

Condiciones Geológico-Mineras: Hacia el NW de Colima se tiene el prospecto denominado El Pelón con posibilidades por oro, plata y cobre; en tanto que hacia el E-SE es responsable de la mineralización de fierro en el yacimiento Cerro Nahuatl.

III.1.2. BLOQUE JALISCO

Tobas Tapalpa (Kc TR)

Definición: Con este nombre se define a una sucesión de rocas piroclásticas de composición fundamentalmente riolíticas, con eventuales horizontes de tobas andesíticas, localizada en el extremo NW de la Carta Colima.

Distribución: La unidad aflora principalmente hacia el occidente del poblado Tapalpa a lo largo de una franja de dirección N-S, justo en la esquina NW de la Carta Colima.

Litología y Espesor: Las Tobas Tapalpa se encuentran formadas por rocas de composición riolítica. Hacia el NW, a lo largo del camino hacia Chiquilistlán, esta unidad presenta facies líticas pero en una matriz de composición riolítica. Esta zona llama la atención debido a que, como consecuencia del intemperismo y fracturamiento de la secuencia volcánica, se hayan

desarrollado bloques cuasi-esféricos con diámetros de hasta 40 m conocidos como “Piedras Bola”. De acuerdo con los datos, se estima que el espesor de esta unidad varía de 200 m a 700 m.

Relaciones estratigráficas: Esta unidad volcánica se encuentra cubriendo de manera discordante a las rocas sedimentarias correspondientes a la unidad *Kace Cz* y a la Brecha Jalisco. Al S-SE de Tapalpa se observa que la Formación Alberca sobreyace a la Toba Tapalpa debido a una falla inversa (a la escala del afloramiento). Esta unidad forma las partes altas de la sierra donde un basalto rico en biotita de la unidad *Tpl B-A* cubre, también de manera discordante a las tobas.

Edad y Correlación: Inmediatamente al norte de la zona de estudio (al sur de Cocula, fuera del área de estudio), (Rosas E. J., et al., 1997) fecharon una muestra de ignimbrita de composición riolítica por el método K-Ar dando una edad de 79 Ma. Debido a la continuidad de la unidad y a sus características litológicas, es posible establecer la correlación entre la unidad fechada con la que aflora en el extremo NW de la Carta Colima, por ello se le asignó una edad del Campaniano.

Condiciones Geológico-Mineras: Dentro de la unidad se tienen ubicadas al menos dos localidades de cierta importancia minera. En la localidad denominada “El Diamante” se han reportado valores de oro y plata; en tanto que el área denominada Piedra Bola, el fierro es el mineral de importancia.

Formación Cerro La Vieja (Tpa Cgp-Ar)

Definición: Esta formación fue definida informalmente por Parga M.J.A., (1977), para referirse “...a una secuencia de conglomerados de composición calcárea, wackestone y packestone gris claro subarredondados de 0.02 m a 0.10 m de diámetro con pobre clasificación en una matriz limolítica y de lodo calcáreo café rojizo en estratos de 0.40 m a 1.50 m de espesor, que afloran en el cerro localizado a 7 Km al 70° SW de Coquimatlán, Col. al sur de la localidad tipo; en el área de Madrid-Colima, presenta un cambio litológico a limolitas, areniscas y escasas margas café rojizo...”.

Distribución: Esta unidad aflora a ambos lados del llamado Graben de Colima. En la parte occidental aflora en la base de la Sierra de Manantlán a unos 2 Km al norte del poblado de Zacualpan. Hacia el sur también del lado occidental, aflora inmediatamente al occidente del Río Armería. Por su parte, en la región oriental del graben aflora en Ciudad Guzmán e inmediatamente al norte del poblado El Rincón.

Litología y Espesor: Esta unidad ha sido subdividida en cuatro miembros bien definidos que de la base hacia la cima son: (a) Unidad de conglomerados calcáreos con matriz limolítica; (b) Unidad de conglomerados calcáreos con matriz de lodo calcáreo; (c) Unidad de limolitas; (d) Unidad de areniscas y limolitas. Hacia la base, sitio 19°11'35"/103°50'09", las capas rojas, cuyo So es 12°NW 30°NE están constituidas por una matriz de arenas y limos de color rojizo que soportan clastos de calizas de 0.03 m - 0.10 m de diámetro. Por su parte, en Zacualpan, se incrementa la abundancia de clastos de calizas y se observan también clastos de rocas volcánicas de composición andesítica. En la localidad de Ciudad Guzmán, las capas rojas, en su base, están constituidas por clastos de calizas soportadas por una matriz de arenas rojas en tanto que hacia la cima decrecen los clastos de calizas y se incrementa el contenido de clastos volcánicos. En el sitio 19°39'17"/103°25'28", se observa que las calizas masivas (casi sin fósiles) subyacen a las capas rojas donde el diámetro máximo de los clastos es de unos 0.10 m soportados por una matriz de arena-grava de color rojo. En este sitio el espesor es de unos 40 m cuya base es de color gris quizá porque abundan los fragmentos de caliza. Ambas unidades están cortadas por una falla normal cuya actitud está definida por 30°NW 55°SW y el So de las calizas es 55°NE 35°NW. El espesor total fue determinado por PEMEX en 700 m.

Relaciones estratigráficas: En la Sierra de Manantlán y hacia el sur, en el Río Armería, las capas rojas sobreyacen a las calizas cretácicas (**Kace Cz**), en tanto que en la parte oriental sobreyacen a calizas masivas de color gris claro y casi sin fósiles. También sobreyacen a las calizas de la zona de Huescalapa. En el poblado de Zacualpan (19°22'45"/103°49'06"), el So de las capas rojas es 60°NW 55°NE, en tanto que en el Río Armería (19°11'35"/103°50'09") es 12°NW 30°NE.

Edad y Correlación: No se tienen fósiles para esta unidad sin embargo dada su posición estratigráfica debe ser postcenomaniano y muy probablemente este representando la fase posterior a la Orogenia Laramide, si este es el caso entonces sería Terciario Temprano.

Ambiente de Depósito: Por las características litológicas que presenta esta formación se asume que corresponde a una facies postorogénica de tipo mollasa.

Condiciones Geológico-Mineras: Sin atractivo minero, salvo por pequeños bancos de material en el área de Tuxcacuesco.

Batolito Jilotlán (Tpae Gr-Gd)

Distribución: Esta unidad se ubica prácticamente en toda la parte central de la Carta Colima, cubriendo gran parte

de los municipios de Tamazula de Gordiano, Tecalitlán, Manuel M. Diéguez, Rancho Nuevo, Jilotlán de los Dolores y Ahuijulio, principalmente. El Batolito Jilotlán presenta un relieve de suaves lomeríos profundamente disectados.

Litología y Espesor: El Batolito Jilotlán, que constituye una buena parte del Bloque Michoacán, incluye rocas intrusivas como granito, granodiorita, diorita y tonalitas. Los bajos cocientes de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de los plutones expuestos en el Bloque Michoacán sugieren una fuente del manto sin contaminación cortical (Pantoja A. J., 1983).

Relaciones estratigráficas: El batolito está intrusionando a calizas, ignimbritas y a la secuencia volcanosedimentaria de edad Cretácico y es cortado por numerosos diques de composición andesítica.

Edad y Correlación: Las edades isotópicas reportadas para el batolito varían de 53 Ma a 68 Ma (Eoceno Temprano-Cretácico Tardío) (Pantoja A.J., 1983; Grajales N. et al., 1983; Schaaf P., et al., 1995). Se encuentra intrusionada por diques de composición andesítica orientados NE-SW.

Condiciones Geológico-Mineras: El Batolito Jilotlán es una de las unidades más relacionadas con la minería de la región, ya sea como fuente removilizadora y/o aportadora de la mineralización de los depósitos de hierro asociados a la secuencia volcanosedimentaria de la porción sur de la Carta Colima (El Encino, Palo Bobo, El Conejo, Fierro Obregón, entre otros), o bien como roca encajonante afectada por la intrusión de diques principalmente de composición diorítica que proporcionaron los minerales de oro, plata, plomo y zinc de la región de Santa María del Oro-Tamazula-Rancho Nuevo. Por dicha razón este cuerpo plutónico representa una de las unidades de mayor interés desde el punto de vista minero en la región.

Intrusivos Uruapan (To Gr-Gd)

Distribución: Esta unidad se ubica exclusivamente en la porción oriental de la Carta Colima donde puede apreciarse tanto en el fondo de los arroyos como formando un relieve de poca altura.

Litología y Espesor: Esta unidad incluye rocas intrusivas como granito y granodiorita. Aunque el espesor aún se desconoce, expuestos se tienen, al menos unos 300 m.

Relaciones estratigráficas: Los intrusivos Uruapan están cubiertos discordantemente por rocas de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (unidades **TplQpt A-B** y **TplQpt Pc**). No se encontraron afloramientos que permitieran establecer su relación con la unidad **To TA-TR**.

Edad y Correlación: Las edades isotópicas reportadas para los intrusivos Uruapan son de 32 Ma y 34 Ma (Grajales N. et al., 1983).

Condiciones Geológico-Mineras: En la Carta Colima solo se tiene conocimiento de la Mina La Verde, localizada en el extremo NE de la zona de estudio donde se está explotando cobre.

III.1.3. SIERRA MADRE OCCIDENTAL

McDowell F.W., et al., (1979), denominan a las rocas volcánicas que coronan la Sierra Madre Occidental como Subgrupo Volcánico Superior y su origen lo relacionan a un sistema complejo de calderas, en número aproximado de 400, muchas de ellas traslapadas y asociadas a domos riolíticos alineados con tendencia NW, la edad del volcanismo oscila entre 34 Ma y 27 Ma considerando que cierta actividad volcánica se mantuvo hasta hace 23 Ma.

La Sierra Madre Occidental está constituida por una gruesa sucesión de rocas volcánicas del Terciario Medio, la base de esta unidad se caracteriza por su composición andesítica, pero el mayor volumen son ignimbritas de composición riolítica, que constituyen la más grande manifestación de este tipo en el mundo. La Sierra Madre Occidental, forma una franja con una tendencia SE y dimensiones aproximadas de 250 Km de ancho por 1,200 Km de largo. En este trabajo se distinguen tres unidades pertenecientes a la Sierra Madre Occidental: La Unidad Andesita (**To A**); la Unidad Toba Andesítica-Toba Riolítica (**To TA-TR**) y la Unidad Toba Riolítica (**Tm TR**), de las cuales solo la última está fechada por **K-Ar** en 23.5 Ma.

Andesita (**To A**)

Definición: Esta nomenclatura es utilizada para designar a una serie de rocas de composición andesítica que constituyen la base de la Sierra Madre Occidental.

Distribución: Esta unidad se distribuye únicamente en la parte sur de la Carta Colima, entre las ciudades de Apatzingán y Tepalcatepec.

Litología y Espesor: El espesor de las andesitas es de unos 300 m. La roca es de color gris oscuro con tintes verdosos producto de la alteración (cloritización). El afloramiento es masivo y se le aprecian con facilidad los planos de flujo, los cuales tienen una pseudo-estratificación cuya inclinación es 12°N-NE - 25° N-NE.

Relaciones estratigráficas: Son cubiertas discordantemente por la unidad **To TA-TR** y por lo menos en la zona de estudio no se observa a que rocas está cubriendo

Edad y Correlación: Por el momento esta unidad se ha encontrado relativamente aislada por lo que su edad es especulativa. Sin embargo como ya se anotó anteriormente es posible que se correlacione con la base de la Sierra Madre Occidental.

Condiciones Geológico-Mineras: Al parecer en esta unidad no se ha desarrollado actividad minera alguna.

Toba Andesítica – Toba Riolítica (**To TA-TR**)

Definición: Hacia el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en los límites con la Cd. de Guadalajara, ésta desaparece bajo la cubierta de la Faja Volcánica Trans-Mexicana para reaparecer al sur en la región de Manuel M. Diéguez y Los Reyes de Salgado.

Distribución: Esta unidad se distribuye desde Los Reyes de Salgado, hasta los límites con Manuel M. Diéguez y se extiende al sur en la zona de la Presa Chilatán en las cercanías de Rancho Nuevo.

Litología y Espesor: La ignimbrita está por debajo de la andesita y es un flujo de unos 30 m de espesor. La ignimbrita es de color rosa fuerte con fiammes y fragmentos de roca andesítica; al microscopio (muestra COL-07) presenta una textura hipocristalina, sus componentes principales son vidrio, oligoclasa, andesina y ortoclasa. Esta última es abundante (25%-50%) y se presenta en esferulitas y menos común como fenocristales. Por su parte la andesita es de color rojo, compacta y se le observan plagioclasas; al microscopio (muestra COL-08) presenta oligoclasa, andesina, labradorita, cuarzo y vidrio. La labradorita es la de mayor tamaño (210 µm - 2250 µm) y se presenta formando cristales angostos y largos.

Relaciones estratigráficas: Son cubiertas discordantemente por los Basaltos Cotija del Mioceno Tardío y la sobreyace la Toba Riolítica del Terciario (Mioceno) y los flujos del Volcán Tancitaro. Esta unidad tiene una inclinación “hacia afuera” con relación al centro del Batolito Jilotlán por lo que se asume que el levantamiento de este intrusivo provocó dicho basculamiento.

Edad y Correlación: Por el momento esta unidad se ha encontrado relativamente aislada por lo que su edad sería especulativa.

Condiciones Geológico-Mineras: Al norte de Manuel M. Diéguez entre las localidades de Canoas y El Encino se aprecia sobre la andesita e ignimbrita una marcada cloritización y oxidación como posible evidencia de mineralización, por lo que se requiere efectuar trabajos más detallados.

Ignimbrita Cazos (Tm TR)

Distribución: Para la Carta Colima esta unidad se distribuye en la porción norte-centro de la carta, al SW y SE de Concepción de Buenos Aires en El Cerro Borracho y el poblado del Recreo respectivamente, al N de Tamazula de Gordiano entre las rancherías de El Durazno y Monte Cerrado, al S y SE de Mazamitla en la localidad de Los Cazos y Plan de Cervantes y las partes altas de los cerros alargados que se localizan al E de Manuel M. Diéguez.

Litología y Espesor: Se trata de una toba riolítica de color crema claro a rosa fácilmente afectada al intemperismo; en la zona de Los Cazos los feldespatos se presentan alterados y se observa la presencia de biotita.

Relación estratigráfica: Su límite superior se establece con la cubierta de Basaltos Cotija del Mioceno Tardío y su límite inferior en la zona oriente de Manuel M. Diéguez se presenta en forma concordante mostrando un ligero basculamiento hacia el NE con las andesitas e ignimbritas del Oligoceno, para la zona de Plan de Cervantes y hacia el sur de esta localidad, está casi horizontal por lo que define una discordancia erosional con la Brecha Jalisco.

Edad y Correlación: Se cuenta con una edad radiométrica de 23.5 Ma (no publicada) para una ignimbrita de composición riolítica que, al igual que esta unidad, subyace a los Basaltos Cotija del Mioceno Tardío (Tm A-B). Evidentemente esta unidad formaría parte de la Sierra Madre Occidental.

Condiciones Geológico-Mineras: Esta unidad se explota principalmente como banco de material, como ejemplo se tiene la localidad del Los Cazos inmediatamente al sur de Mazamitla. En la ranchería El Conejo, donde el intemperismo ha actuado con mayor intensidad, la toba riolítica se presenta caolinizada, su calidad del material se establecerá basándose en estudios de detalle que se realicen en la localidad.

III.1.4. FAJA VOLCANICA TRANS-MEXICANA (FVT)

La FVT es una provincia geológica que se extiende desde Tepic, en el occidente, hasta Veracruz, en el oriente, a lo largo del paralelo 19°. Se ha propuesto (Venegas S.S., et al., 1985) que la base de la FVT esté constituida por una sucesión de rocas de composición basáltica. De manera particular, en la zona de estudio es posible reconocer varias unidades que responden a diferentes ambientes geológicos, de esta manera se reconocieron: (a) Los Basaltos Cotija; (b) Basaltos Tapalpa (c) El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato; (d) Flujos Piroclásticos y (e) El Grupo Paricutín.

Basaltos Cotija (Tm A-B)

Distribución: Estos basaltos se localizan preferentemente en la porción centro norte de la Carta Colima. Hacia el oriente están limitados por el vulcanismo Plio-Cuaternario (unidades *TplQpt A-B*, *Qho A-B*) en tanto que hacia el occidente colindan con los basaltos alcalinos (*Tpl B-A*) de la parte norte del Graben de Colima. La distribución, en el marco de la FVT, para la porción central de México se muestra en la **Figura 7**.

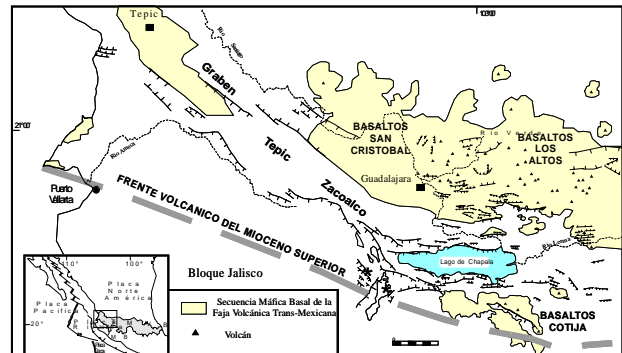


Figura 7. Distribución de los basaltos del Mioceno Superior en el occidente de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Los asteriscos indican localidades de muestras datadas en 10 Ma. Tomado de Rosas E. J., (1998).

Litología y Espesor: Con este nombre están considerados tanto basaltos como andesitas. Los primeros son delgadas coladas que se apilan hasta formar unos 200 m de espesor. Su apariencia es similar a los 600 m de basaltos expuestos en el cañón del Río Santiago, justo al norte de Guadalajara donde se ha reportado una edad Mioceno Tardío (Moore G., et al., 1994; Nieto O. J., 1985). De la unidad andesítica, se colectó la muestra COL-4 para petrografía donde se reportan la presencia de cristales subhedrales de oligoclasa y andesina en proporción de +75%; el principal ferromagnesiano es la augita (5%-25%) y casi ausente la hornblenda (menos del 5%) ambos se presentan en forma anhedral, la clasificación corresponde a una andesita de grano medio. El intemperismo esferoidal que afecta a la unidad en ocasiones es por demás notable.

Relaciones estratigráficas: Hacia el sur sobreyacen discordantemente a rocas piroclásticas fechadas en 23 Ma (Ferrari L., datos no publicados) (*Tm TR*) en tanto que hacia el oriente son cubiertas por los productos Plio-Cuaternario.

Edad y Correlación: Por su idéntica posición estratigráfica con relación a las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental, la geomorfología de grandes volcanes

erosionados y sus características físicas y mineralógicas en relación con los Basaltos San Cristóbal del Mioceno Superior (Moore G., et al., 1994) hemos considerado que esta unidad pueda ser de la misma edad.

Condiciones Geológico-Mineras: La utilidad que se le da a esta unidad es como banco de material para revestimiento de caminos. En algunas localidades como Plan Grande y El Fresnal localizadas al sur de Mazamitla, la roca se presenta lajeada utilizandola para mampostería y recubrimiento de pisos.

Basaltos Tapalpa (Tpl B-A)

Definición: Con este nombre nos referiremos a los basaltos alcalinos del Plioceno Temprano que ocurren en la Sierra de Tapalpa. Cabe señalar que estos basaltos son muy susceptibles al ataque del intemperismo, lo que junto con la actividad piroclástica del Complejo Volcánico Colima llegan a enmascarar una buena parte de los afloramientos. Esta unidad es importante dado que su distribución y correlación con rocas similares de otras regiones es por demás de gran relevancia.

Distribución: Esta unidad se encuentra localizada a ambos lados del Semi-Graben de Sayula que en su parte occidental forma la parte superior del Horst de Tapalpa. En la porción oriental forma la cima del bloque hundido. Hacia el sur de Ciudad Guzmán se han encontrado basaltos ricos en hornblenda de 4.3 Ma (Allan J.F., 1986) que separan la unidad *TplQpt Pc*, sobreyacente, de la secuencia mesozoica subyacente.

Litología y Espesor: En muestras de mano las cualidades de estos basaltos son su color gris-verdoso, aunque en ocasiones son negros, y su contenido mineralógico constituido por fenocristales de hornblenda y biotita. Su espesor no rebasa los 300 m. De manera particular en el Semi-Graben de Sayula, y de acuerdo a las edades isotópicas reportadas, existe suficiente evidencia para establecer la ocurrencia de un vulcanismo alcalino entre 4.1 Ma y 4.6 Ma y está representado por lamprófidos de flogopita y hornblenda aunque también se han reportado basanitas, traquibasaltos y ankerita (Allan J.F., 1986).

Relaciones estratigráficas: En el Horst de Tapalpa se encuentran cubriendo a las rocas mesozoicas, particularmente a la Brecha Jalisco y a las lutitas y areniscas de la Formación Alberca. No se ha observado que estén intrusionadas por algún dique. Sin embargo un dique andesítico de olivino (4.35 Ma) que seguramente corresponde con la fase volcánica de los Basaltos Tapalpa intrusiona a una granodiorita de 69 Ma (Allan J.F., 1986). Solo en la parte sur del Horst se observa que están por debajo de los flujos piroclásticos del Volcán Cántaro; de hecho es una constante encontrarlos

cubiertos por el vulcanismo explosivo del Complejo Volcánico Colima. Aunque no se tienen aun suficientes datos para la región del Volcán Tancitaro, se han encontrado rocas similares a los Basaltos Tapalpa en la base de este volcán (basaltos con gran contenido de biotita).

Edad y Correlación: De acuerdo con los datos isotópicos reportados para la región y áreas cercanas (Allan J.F., 1986; Rosas E.J., et al., 1997) la edad asignada a esta unidad es Plioceno (5.0 Ma - 3.3 Ma). Estos basaltos son similares a los reportados para la Carta Puerto Vallarta en las localidades de San Sebastián del Oeste, Mascota, Los Volcanes y Ayutla (Figura 8). Basaltos con edades y petrografía similar ha sido reportados (Rosas E.J., et al., 1997) para la zona inmediatamente al norte (extremo SW de la Carta Guadalajara).

Condiciones Geológico-Mineras: Sin atractivo minero.

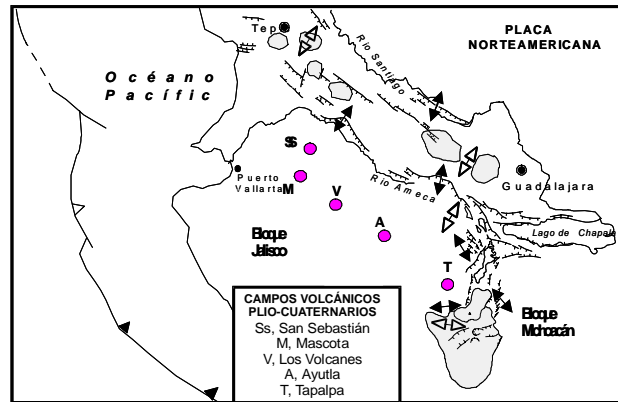


Figura 8. Distribución de los campos volcánicos donde coexisten lavas alcalinas y calco-alcalinas. Símbolos como en la figura 5.

III.1.5. CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO (CVMG)

Andesita-Basalto (TplQpt A-B)

Definición: Se localiza en la parte central de la FVT y está definido por unos 1040 centros volcánicos, en su mayoría conos monogenéticos. Como fue concebido inicialmente el CVMG incluía también los volcanes Parícutín (1943-1952) y Jorullo (1759-1774) donde los conos cineríticos son más antiguos, sin embargo, en el Cuaternario Tardío, fueron eruptados magmas alcalinos y calco-alcalinos en la parte sur del CVMG (Hasenaka T., et al., 1987).

Distribución: Se localiza principalmente en la esquina NE de la Carta Colima. El CVMG cubre un área total de

unos 40,000 Km². De manera particular dentro de la zona de estudio el área es de unos 2,736 Km².

Litología y Espesor: Aunque específicamente para este proyecto no se realizaron análisis químicos, en la literatura se encuentra una buena cantidad de este tipo de resultados. Hasenaka T. et al., (1987) encontraron que la mayoría de las lavas del CVMG tienen 50% a 70% de SiO₂ son calco-alcálicas y pobres en álcalis. El espesor varía significativamente a lo largo del área cubierta por esta unidad debido al carácter central de las erupciones y a las eventuales coladas lávicas asociadas a esos centros. No obstante un espesor promedio de unos 400 m puede ser considerado.

De esta unidad se colectaron tres muestras para petrografía, COL-01, COL-02 y COL-3. En los tres casos las plagioclasas principales son oligoclasa y andesina en proporciones aproximadas de 50% a +75% cuya forma es de subhedral a euhedral aunque solo en la muestra COL-3 se encontró ortoclasa (5% - 25%). También en ambos casos hay la presencia de hornblenda en la matriz y como fenocristales (COL-01, esta muestra también contiene biotita aunque en menor proporción que la hornblenda) o como “fantasmas” (cristales muy alterados, COL-02). En todos los casos la roca resultó ser de composición andesítica.

Relaciones estratigráficas: Dada su juventud el CVMG solo está cubierto por la unidad **Qho A-B** y sobreyace a los Basaltos Cotija, hacia al occidente.

Edad y Correlación: Para esta región del CVMG se tiene una fecha de 2.1 Ma que se localiza en la porción centro-norte. Por otro lado, a partir del análisis geomorfológico (Hasenaka T. et al., 1985) puede establecerse una edad pleistocénica para los conos más recientes. Entonces, el rango de edad para esta unidad sería Plioceno-Pleistoceno. Hacia el norte se correlaciona con los productos volcánicos de la parte oriental del Graben de Chapala.

Condiciones Geológico-Mineras: A lo largo de la unidad es posible observar diferentes bancos de material que son usados como agregados pétreos para la construcción. Aunque hay varias explotaciones de este tipo, el potencial es bastante dado el carácter y tipo de vulcanismo que domina el área.

Flujos Piroclásticos (TplQpt Pc)

Definición: Con este nombre se ha designado a los flujos relacionados con la actividad de los volcanes Tancitaro y Cántaro.

Distribución: De acuerdo con la cartografía realizada, los flujos del Volcán Tancitaro tuvieron dos “vents” diferentes. La más notable es una estructura caldérica en forma de herradura abierta hacia el oriente en tanto que para los flujos de la parte occidental, del mismo volcán, no se aprecia alguna estructura similar. Invariablemente, los flujos piroclásticos fluyeron hacia el sur. Por su parte, los flujos del Volcán Cántaro lo hicieron hacia el norte aprovechando la depresión tectónica del Semi-Graben de Sayula. Hacia el oriente estos flujos desaparecen por debajo del valle de Zapotlán debido a que se encuentran sepultados por los depósitos recientes debido al fallamiento normal que afectó la región.

Litología y Espesor: En general los flujos del Volcán Tancitaro están constituidos por diferentes unidades de flujo. En todos los casos los clastos provenientes de la destrucción del cono principal son de composición andesítica soportados por una matriz de ceniza fina de color gris. Los clastos son de diferentes tamaños dependiendo de su proximidad o lejanía de la fuente. Los fragmentos gruesos llegan a tener diámetros de 0.30 m. En ocasiones forman unidades bien definidas de menos de 2 m de espesor (e.g. en el poblado de Las Lomas, en extremo NW de la Carta Tancitaro esc. 1:50,000).

Relaciones estratigráficas: De manera particular, se ha observado que los flujos del Volcán Tancitaro sobreyacen a las rocas intrusivas del Eoceno-Oligoceno (e.g. en la Barranca Honda), basaltos quizá alcalinos con biotita (e.g. Arroyo El Timbiriche) o a ignimbritas quizá de la Sierra Madre Occidental (e.g. Arroyo Iticuaró, al SE de Los Reyes). Esta unidad está cubierta por las lavas de algunos volcanes de la unidad **TplQpt A-B** (e.g. el Volcán Las Hoyas) y derrames de la unidad **Qho A-B** (e.g. alrededor de Uruapan).

Edad y Correlación: La edad absoluta de estos flujos es incierta. En la región del Volcán Tancitaro, y considerando sus relaciones estratigráficas, su edad puede estar entre 2.1 Ma y 0.01 Ma. De manera particular el Volcán Tancitaro cuenta con una edad aproximada de 0.56 Ma (Ban M. S., et al., 1994), de donde se desprende que la edad de los depósitos relacionados con la destrucción del edificio volcánico debe ser, al menos, de esta edad. Por ello es posible que se correlacionen con las primeras fases del Nevado de Colima.

Condiciones Geológico-Mineras: Fundamentalmente como bancos de material.

Andesita-Dacita (TplQpt A-Da)

Definición: Con esta nomenclatura se designa a la actividad volcánica relacionada con el Volcán Cántaro.

Distribución: Esta unidad está restringida a la porción occidental de la zona de estudio y se refiere tanto al Volcán Cántaro como a tres domos alineados norte-sur que se localizan al sur de Sayula.

Litología y Espesor: Las rocas que constituyen esta unidad son de composición andesítica y dacítica. Dado que las lavas construyeron estructuras cónicas o dómicas, asignar un espesor absoluto para ellas es arriesgado pero podría pensarse en unos 300 m en promedio.

Edad y Correlación: El Volcán Cántaro cuenta con edades radiométricas que varían entre 0.95 Ma y 1.52 Ma (Allan J.F., 1986) por lo que su correlación sería con la actividad del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato.

Condiciones Geológico-Mineras: La actividad minera en esta unidad está limitada a la explotación de bancos de material.

Flujos Piroclásticos Colima (Q Pc)

Definición: Con esta nomenclatura se ha designado al material piroclástico relacionado con la actividad de los volcanes Nevado de Colima y Volcán Colima.

Distribución: Los flujos piroclásticos asociados con los volcanes de Colima han sido de los más estudiados. Dentro de estos trabajos destacan los de Luhr J.F., et al., (1988), Robin C.G. et al. (1987) y Stoopes G.R., et al., (1992). Estos autores describen, de manera particular los detritos de Avalanchas. En este sentido se reportaron dos como las más importantes. La más antigua corresponde al Nevado de Colima en tanto que el Volcán Colima originó la más joven. La avalancha del Nevado de Colima viajó más de 120 Km y cubrió un área de 2200 Km² (Stoopes G.R., et al., 1992) llegando hasta el Océano Pacífico, mientras que la del Volcán Colima viajó por 65 Km, en ambos casos, al igual que en el área del Volcán Tancitaro las direcciones de flujo fueron hacia el sur. El área y volumen estimados para las avalanchas del Volcán Colima son de 1600 Km² y 8Km - 18 Km³, respectivamente (Luhr J.F., et al., 1988) (**Fotografía 13**).

Litología y Espesor: Generalmente los depósitos, pseudoestratificados, están compuestos por una mezcla de fragmentos de brechas andesíticas con pequeños bloques de avalancha aunque también, sobre todo en los depósitos inferiores es posible encontrar bloques de varios metros de diámetro.

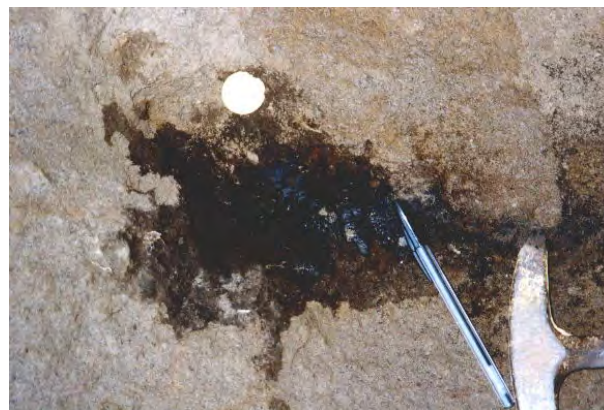
Relaciones estratigráficas: Estos depósitos se encuentran cubriendo a las rocas mesozoicas que llegan a constituir el basamento sobre el cual se construyó el complejo volcánico. Hacia el norte cubre a las rocas del Volcán

Cántaro. Los productos del Volcán Colima cubren a la unidad piroclástica (**Q Pc**).

Edad y Correlación: La edad de los depósitos de avalancha del Volcán Colima aun está a debate, Luhr J.F., et al., (1988) sugieren una edad de 4,300 años en tanto que Robin C.G., et al., (1987) proponen 9,370 años. La edad para los flujos del Nevado de Colima se estimó en 18,500 años (Stoopes G.R., et al., 1988) (**Fotografía 14**).



Fotografía 13. Avalancha del Nevado de Colima, nótese el Fantasma característico de las avalanchas.



Fotografía 14. Carbón vegetal alojado dentro de la avalancha del Volcán Colima en el poblado de la Yerbabuena Colima.

Condiciones Geológico-Mineras: Fundamentalmente como bancos de material.

III.1.6. GRUPO PARICUTÍN-COLIMA

Andesita-Basalto (Qho A-B)

Definición: En este grupo se considera toda la actividad volcánica ocurrida en los últimos miles de años por lo que quedan incluidos los volcanes con actividad actual e histórica, como los volcanes Paricutín, Colima y Jorullo.

Distribución: Esta unidad se localiza en la parte centro-oriental de la zona de estudio y separa las rocas del CVMG de la ubicadas al sur. En la porción occidental este vulcanismo se relaciona con los volcanes de Colima y Nevado de Colima.

Litología y Espesor: El grupo Paricutín-Colima está constituido por flujos de lava de composición andesítica y basáltica así como por los productos piroclásticos asociados a este vulcanismo. En su mayoría los volcanes localizados en el oriente son de tipo cinerítico y de poca altura.

Relaciones estratigráficas: El grupo Paricutín-Colima cubre a las rocas volcánicas de la unidad *TplQpt A-B* y a los flujos piroclásticos del Volcán Tancitaro.

Edad y Correlación: En el sector oriental, existe al menos una edad isotópica para esta unidad, la muestra fechada, localizada al W-NW (19°26'54" / 102°06'46") de Uruapan, corresponde a un carbón de un paleo-suelo cubierto por el Volcán Jabalí dio una edad de 3,830 años \pm 150 años (Hasenaka T. et al., 1985). La edad más reciente se tiene precisamente en el Volcán Paricutín cuya actividad ocurrió de 1943 a 1952. La actividad volcánica de esta unidad se correlacionaría con los flujos recientes en la porción occidental de la Carta Morelia, incluidos algunos productos de la región del Volcán Jorullo (extremo NW de la Carta Ciudad Altamirano).

Condiciones Geológico-Mineras: Al igual que la unidad *TplQpt A-B*, en el grupo Paricutín existen bancos de material cuyos productos son usados como agregados pétreos para la construcción. Existe un atractivo potencial dado el carácter y tipo de vulcanismo cinerítico que domina la unidad.

III.1.6. DEPÓSITOS RECIENTES

Aluvión (Qho al).

El aluvión se encuentra distribuido rellenando valles en toda la zona de estudio y está formado por materiales no consolidados derivados de la destrucción de las áreas positivas. Puede llegar a tener espesores de hasta 2 m.

III.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

III.2.1. Estructuras en el dominio continuo

Son varias las estructuras compresivas que se distinguen en la región de estudio, todos ellos localizados en la porción occidental y particularmente, en el cuadrante SW. En los ejes de algunos de los anticlinales PEMEX realizó los pozos Colima-1, Tepames y Jalisco-1.

Anticlinal Manantlán. Esta estructura se localiza inmediatamente al occidente del Complejo Volcánico Colima. La secuencia litológica está formada por rocas que pertenecen a las formaciones de la cima a la cima-Madrid, Morelos y Cerro La Vieja. La longitud de este anticlinal es mayor de 40 Km y tiene una dirección aproximada de 15°NW - 25°NW.

Las calizas delgadas de la Formación Madrid evidencian una deformación más intensa que las calizas masivas de la cima. El flanco NE tiene una inclinación que varía de 10°NE - 20°NE en tanto que en el flanco SW las inclinaciones están entre 30°SW y 40°SW.

Anticlinal Jala: Es un anticlinal no mayor de 15 Km de longitud orientado 20°NW, casi paralelo al de Manantlán, que se desarrolló en rocas de las formaciones Madrid y Morelos. Al igual que en Manantlán, la zona del núcleo es la que muestra una deformación donde los pliegues son más apretados y desarrollados en calizas delgadas. Las inclinaciones de las capas del flanco SW varían entre 34°SW y 37°SW.

Anticlinal Naranja. Esta es la estructura antiforme más oriental de la región y se desarrolló en rocas equivalentes a la Formación Morelos. El pliegue, localizado al SE de Colima, está orientado en dirección de los 25°NW. En el flanco SW del anticlinal la inclinación de la estratificación está entre 20°SW - 34°SW, aunque en las partes más alejadas del eje se midieron inclinaciones menores (11°SW - 13°SW). Por su parte, en el flanco NE las inclinaciones están entre 27°NE y 30°NE.

III.2.2. Sistemas de deformación discontinua

En toda la extensión de la Carta Colima, es posible establecer varios sistemas de fallas. Los más importantes son los relacionados con: (a) La parte norte del Graben de Colima; (b) El Sistema Chapala-Oaxaca. Adicionalmente en la porción central existe un intenso fracturamiento que afecta al Batolito Jilotlán.

Parte norte del Graben de Colima: Tradicionalmente se había considerado que el Graben de Colima estaba formado por tres segmentos: sur, central y norte (Allan J. F., 1986). Sin embargo esta óptica correspondía a

argumentos meramente morfológicos. Considerando las características geológicas del graben se propusieron únicamente los sectores norte y sur del Graben de Colima teniendo como frontera el Complejo Volcánico de Colima (Rosas E. J., et al., 1996).

Con esta perspectiva, la parte norte del Graben de Colima puede visualizarse como un sistema constituido por una falla principal denominada Techaluta y otras menores que limitan la depresión en su margen oriental y que progresivamente hacia el norte se unen con el Graben de Citla. La Falla Techaluta tiene una longitud de 25 Km, es de tipo normal y constituye la margen occidental del graben. Los modelados gravimétricos indican un salto vertical de 2500 m (Allan J. F., 1987), en tanto que los mecanismos focales estimados de microsismos registrados inmediatamente al norte de Amacueca, indican una extensión activa de dirección E-W en la región (Suárez G., et al., 1994).

Hacia el sur de Amacueca, y oeste de Sayula, la falla continua por 18 Km más, pero ahora con una dirección N-S. Si se considera el lineamiento N-S de los volcanes Cántaro, Nevado y Colima como la evidencia de una zona de falla, entonces la longitud total de este segmento de la Falla Techaluta sería de 53 Km. Hacia el oriente en el área de Ciudad Guzmán, la depresión está limitada por fallas normales menores cuya dirección general es de 35°NE y buzanan hacia el NW en un arreglo en echelon sinistral. Estas fallas cortan rocas basálticas del Plioceno Temprano que están cubiertas por una toba (*TplQpt Pc*), quizá de composición andesítica. El tensor de paleoesfuerzos estimado de los datos medidos en los planos de

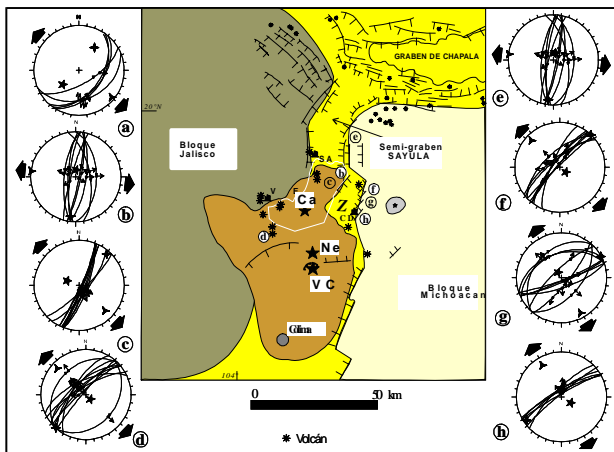


Figura 9. Orientación de los esfuerzos compresivos mínimos para el Semi-graben de Sayula. SA, Sayula; VE, Venustiano Carranza; CD, Ciudad Guzman. Volcanes: CA, Cántaro; Ne, Nevado de Colima; VC, Colima. (Rosas E.J., datos no publicados).

fallas de la parte norte del Graben de Colima indican una dirección promedio de 40°SE para el esfuerzo principal mínimo (**Figura 9**); Rosas E. J., et al., 1996), no obstante una extensión E-W también ha sido reportada para un sitio en esta depresión (Barrier E. J., et al., 1990) y es soportada por el lineamiento norte-sur de los conos parásitos del Complejo Volcánico Colima.

Sistema Chapala-Oaxaca: El Sistema Chapala-Oaxaca fue sugerido por Harrison Ch. A. G., et al., (1988) para referirse a un lineamiento de 100 Km de longitud aproximadamente, en la Carta Colima de dirección 50°NW el cual representaba una estructura cortical que separa la porción norte de México de los bloques Guerrero y Michoacán (**Figura 10**). En opinión de estos autores el movimiento a lo largo de este sistema es de carácter izquierdo. En el extremo NW del Sistema Chapala-Oaxaca sobresalen tres segmentos con cualidades distintas, que de NW a SE son: el Semi-Graben de Cotija, el Complejo Volcánico Tancitaro y la Falla Huacana (**Figura 11**). Aunque estas estructuras son por demás obvias no se han publicado estudios geológicos específicos sobre ellas.

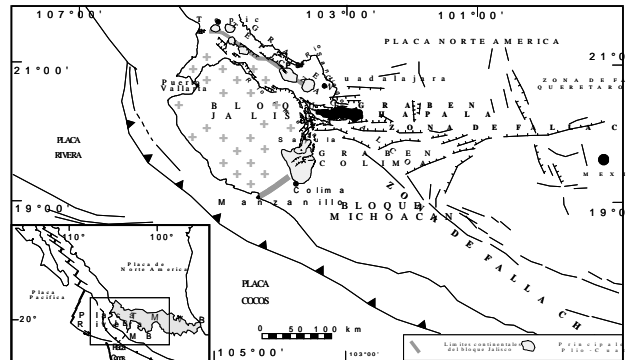


Figura 10. Ambiente geodinámico del occidente de México. El bloque Michoacán está definido por El Graben de Colima, la Trinchera Meso-Americana el sistema de fallas Chapala-Oaxaca. TVB, Faja Volcánica Trans-Mexicana. Adaptado de Harrison y Johnson (1988) y Rosas E.J., et al., (1996).

En los estudios sobre la geodinámica de la región se ha propuesto un movimiento hacia el SE del Bloque Michoacán el cual estaría asociado a una convergencia oblicua de la Placa de Cocos con respecto a Norteamérica (Bloque Michoacán) (**Figura 12**); (De Mets C. et al., 1990; Rosas E. J., et al., 1996). Si este es el caso se esperaría que el fallamiento a lo largo del Sistema Chapala-Oaxaca tenga una componente lateral izquierda.

El Semi-Graben Cotija: Esta estructura se localiza en el extremo NW del Sistema Chapala-Oaxaca. Hacia el oriente está limitado por el vulcanismo Plio-Cuaternario

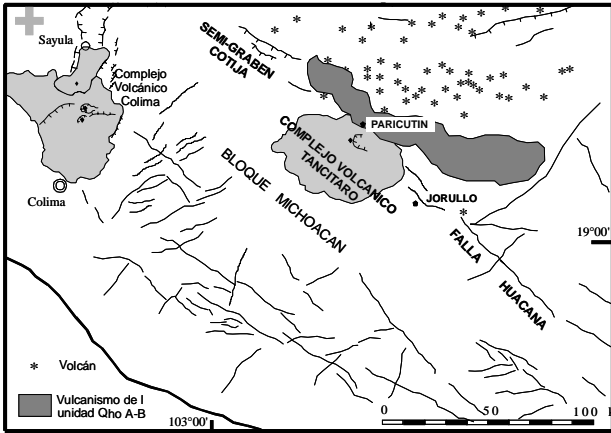


Figura 11. Principales elementos tectónicos y volcánicos a lo largo del Sistema Chapala-Oaxaca (Rosas E.J. datos no publicados).

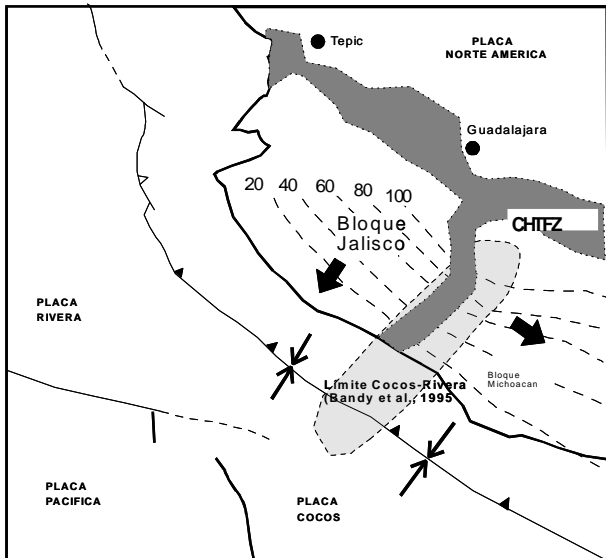


Figura 12. Movimientos de los Bloques Jalisco y Michoacán propuestos para el Plioceno-Cuaternarios con relación a Norte América y su relación con las zonas de deformación extensional (área con puntos). Las flechas indican los vectores de convergencia entre Rivera y Norte América y Cocos Norte América según De Mets C., et al., (1990); las Líneas discontinuas indican la profundidad en Km al plano de Benioff Según Pardo y Suarez, (1995). CHTFZ-Zona de falla Chapala-Tula. Tomado de Rosas E.J., et al., (1996).

del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato y hacia el S-SW por el Batolito Jilotlán. Las rocas que afloran en la región corresponden a las unidades: *JsKi BvA-Cgp*

(Brecha Jalisco); *Tpae Gr-Gd* (Batolito Jilotlán); *Tm TR* (Ignimbritas de la Sierra Madre Occidental). Todas estas unidades están cubiertas discordantemente por el vulcanismo basal de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, representado por los Basaltos Cotija (*Tm A-B*) y las andesitas y basaltos del Plio-Cuaternario (*TplOpt A-B*).

El Semi-Graben de Cotija es una depresión de orientación 50°NW con una longitud aproximada de 32 Km. La falla principal es de tipo normal y corta los basaltos del Mioceno Superior por lo que el desarrollo del semi-graben debió ocurrir entre el Mioceno Superior y el Plioceno. Por la expresión topográfica de la estructura el desplazamiento vertical del fallamiento debe ser al menos de 500 m. Debido a que el escarpe de la falla principal fue afectado por fallas de mayor ángulo (aproximadamente 60°-70°) puede concluirse que la falla principal ha tenido reactivaciones en tiempos recientes.

Complejo Volcánico Tancitaro: Comúnmente se ha aceptado que el Complejo Volcánico Tancitaro pertenece al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (Hasenaka T. et al., 1985), aunque no se han realizado trabajos en particular sobre esta estructura, Pacheco et al., (en prensa) realizaron un monitoreo sísmico en los alrededores del Volcán Tancitaro y registraron una sismicidad de origen tectónico y cuyos mecanismos focales mostraban una componente lateral izquierda; sin embargo la dirección de las estructuras propuestas por Pacheco y colaboradores es casi ortogonal al Sistema Chapala-Oaxaca. Por otra parte, es a lo largo de este sistema donde se han emplazado dos de los volcanes históricos: el Parícutin y el Jorullo. Aparentemente es claro que el Sistema Chapala-Oaxaca tiene una fuerte influencia en el desarrollo del vulcanismo en esta porción del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato.

Lineamientos en el Batolito Jilotlán: En la parte central de la Carta Colima se distinguen varios lineamientos (fracturamiento?) que afectan de manera particular al Batolito Jilotlán y a las unidades litológicas que lo circundan. Estos lineamientos tienen una dirección N-NE de manera dominante. Que es la misma que se observa en la gran cantidad de diques de composición andesítica que se localizan al SE de Tecalitlán y al norte de Tepalcatepec.

Al sur del Volcán Tancitaro, es posible distinguir un notable lineamiento de los conos volcánicos emplazados en esta región. El lineamiento de estos conos, al igual que el fracturamiento en el Batolito Jilotlán, tiene una dirección preferencial N-NE. Aunque no se tienen edades radiométricas para los diques, probablemente ellos estén representando la dirección de los conductos alimentadores del vulcanismo de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Si este es el caso, entonces su edad

quedaría comprendida entre el Mioceno Superior y el Plioceno, que son las edades que corresponden a las unidades *Tm A-B* y *Tpl B-A*. Adicionalmente, y de acuerdo con las edades radiométricas reportadas (Ban M.

S., et al., 1994) el lineamiento de los volcanes al sur del Volcán Tancitaro tendría una edad de alrededor de 0.58 Ma de los anterior se intuye una migración, del NW al SE, de la actividad magmática.

IV.- YACIMIENTOS MINERALES

IV.1. METÁLICOS

IV.1.1. INTRODUCCIÓN

En el área que cubre la Carta Colima, se determinaron dos regiones mineras (Pihuamo, Cerro Nahuatl-Salaton), cuatro distritos mineros (Pihuamo, Tepalcatepec, Ahuijullo y Cerro Nahuatl) y cinco áreas mineralizadas (Jilotlán de los Dolores, Santa María del Oro, Piscila-Salatón, La Verde y Tapalpa).

IV.1.2. ANTECEDENTES

En la región de Tapalpa, Jal., se tiene conocimiento de la explotación de oro y plata de buena ley entre los años de 1823 a 1835. Durante 1825 se explotó fierro de la Sierra de Tapalpa para las fraguas de Sayula.

En el Distrito Minero de Pihuamo, se inició la explotación de las minas de fierro a fines de la década de los 50's, encontrándose hasta la fecha en explotación a cielo abierto la Mina El Encino, con buen potencial de fierro. Existe una planta concentradora de fierro con capacidad de 2,500 ton por día.

En la zona de Santa María de Oro, se inicia la explotación de oro y plata a pequeña escala a mediados del siglo pasado, reinicia en el año de 1940 pero por su poca infraestructura la zona fue abandonada y poco explorada, existen prospectos como las minas La Fortuna, El Bimbalete, Matahari II, Hukas y otros.

En el Distrito Minero de Cerro Nahuatl, se desconoce si los indígenas de la región desarrollaron actividad minera de tipo metálico, pero en los años 1959, 1960 y 1961 inician las exploraciones en el Cerro Nahuatl. El C.R.N.N.R. realizó la evaluación de este yacimiento iniciando su explotación en 1990. Actualmente se encuentra en explotación con un gran potencial de fierro. Existe también una planta de concentración magnética con una capacidad de 3,000 ton por día.

En la Zona Minera de La Verde, los yacimientos de la región son conocidos desde la época prehispánica, existen referencias que desde antes de la conquista se explotaban varias minas en la región, alcanzando un

desarrollo importante hacia los siglos XVIII y XIX y principios del presente, cuando se convierte en una de las zonas productoras de cobre más importantes en México.

En el presente siglo, a partir de la década de los sesenta, se intensificaron las exploraciones, tanto de compañías privadas como de organismos gubernamentales, llegando a evaluar principalmente los yacimientos de La Verde, San Isidro e Inguarán, este último fue explotado por la Cía. Asarco Mexicana de 1971 a 1982, extrayéndose un poco más de 7 millones de toneladas.

Los Distritos Mineros de Tepalcatepec y Calcomán formó parte de las exploraciones que se llevaron a cabo en el siglo XIX, existiendo gran número de pequeños depósitos de fierro y menor incidencia de barita y sulfuros. Desde entonces los yacimientos de la zona han sido explotados a pequeña escala y en forma intermitente. Las minas La Blanca y La Codiciada están actualmente en explotación de barita y sulfuros.

IV. I.3. MINAS EN EXPLOTACIÓN

En la Carta Colima existen 5 minas de minerales metálicos en explotación y son: El Encino, El Ánima, Cerro Nahuatl y Palo Bobo y La Verde cobre. Las dos primeras se localizan en el Estado de Jalisco, la tercera en el Estado de Colima y las dos últimas en el Estado de Michoacán. Existen dos minas más en explotación tanto de minerales metálicos como de no metálicos y son La Codiciada, en Jalisco y La Blanca en Michoacán que se explotan por barita y por sulfuros teniendo valores atractivos de oro y plata.

Existen también en explotación 10 minas más de no metálicos (caliza, yeso, caolín y arcilla) como son: La Tolteca, Cal Cobra, Cal Perla, La Higuera, El Higueral, La Blanca y Los Nogales en el Estado de Jalisco y Cerro Galindo, La Salada y La Gloria (caliza y yeso) en el Estado de Colima. Además de 24 bancos en explotación de arena y grava distribuidos la mayoría en la parte E de la carta. Existiendo también una gran cantidad de ladrilleras donde explotan arcillas. Principalmente en el Valle de Zamora, en el Municipio de Tangancicuaro, Michoacán.

IV. I.4. INFRAESTRUCTURA MINERA

La Carta Colima cuenta con 11 plantas de beneficio, 3 plantas para metálicos y 8 para no metálicos. Las 3 plantas para metálicos son:

Las Encinas

Localizada al sur de la población de Pihuamo, Jal., en la Mina El Encino, se trata de una planta de trituración, lavado y clasificación de mineral de hierro con capacidad de 2,500 ton/diarias.

Alzada

Localizada en la población de La Alzada, Col., es una planta de concentración magnética y peletizadora de hierro con capacidad de 4,220 ton/diarias. Esta planta recibe el mineral de la Mina El Encino que es enviado a través de un teleférico con longitud de unos 20 Km aproximadamente (**Fotografía 15**).



Fotografía 15. Planta peletizadora “Las Encinas” en la estación Alzada en el Estado de Colima.



Fotografía 16. Mina de hierro y planta de beneficio “Cerro Nahuatl”, en el municipio de Coquimatlán, Col.

Cerro Nahuatl

Localizado al SW del poblado de Coquimatlán, Col., por la carretera Coquimatlán-Pueblo Juárez.

En la Mina Cerro Nahuatl, existe una planta de concentración magnética de hierro con capacidad de 3,000 ton/diarias, este mineral también es enviado a la planta peletizadora de Alzada por medio del ferrocarril (**Fotografía 16**).

Las 8 plantas para los minerales no metálicos son:

La Tolteca

Localizada al SE de Ciudad Guzmán y NE de Zapotiltic, Jal. Es una planta para la fabricación de cemento con capacidad de 1,500 ton/diarias (**Fotografía 17**).



Fotografía 17. Mina y Planta de Cementos Tolteca en el Municipio de Zapotiltic, Jal.

Caleras Fernández y Huescalapa

Se localizan al SE de Ciudad Guzmán y NE de Zapotiltic, Jal. Son plantas de calcinación con capacidad de 200 ton/diarias y 300 ton/diarias de cal hidratada, fabrican la Cal Cobra y la Cal Perla (**Fotografía 18**).

Yesos Industrializados

Se localiza en el poblado de Soyatlán de Afuera al W de Tamazula de Gordiano, Jal. Es una planta de calcinación, con capacidad de 120 ton/diarias de yeso.

La Higuera y 21 de Noviembre

Localizadas, la primera, en la Mina La Higuera al sur del poblado la Higuera, al SW de Tecalitlán, Jal. La segunda, en el poblado 21 de Noviembre por la carretera Tecalitlán-Pihuamo, son plantas de trituración y molido



Fotografía 18. Planta de beneficio de Cal Perla (Caleras Fernández) en Huescalapa, Jal.

de caliza recristalizada, para la fabricación de marmolina y carbonato de calcio.

Cerro Galindo y La Salada.

Localizadas al sur de la ciudad de Colima por la carretera Colima-Manzanillo, la primera es una planta de calcinación para cal hidratada, y la segunda es una planta pulverizadora y clasificadora para yeso.

Además existen otras plantas quebradoras de rocas para grava, distribuidas sobre todo donde existen yacimientos volcánicos de arenas y grava.

IV. 1. 5. REGION MINERA PIHUAMO

Comprende los Distritos Mineros de Pihuamo, Ahuijullo y Tepalcatepec y dos Áreas Mineralizadas que son: Jilotlán de los Dolores y Santa María del Oro.

IV. 1. 5. 1. Distrito Minero de Pihuamo

Ambiente Geológico

Se tiene la presencia de una secuencia vulcanosedimentaria (**Ka Vs**), y un paquete de calizas (**Kace Cz**), ambas intrusionadas por el Batolito Jilotlán (**Tpae Gr-Gd**), y todas ellas cubiertas por una unidad piroclástica (**Q Pc**).

Tipo de yacimiento

Son yacimientos ferríferos metasomáticos, que arman en el contacto intrusivo-secuencia vulcanosedimentaria, así como yacimientos hidrotermales de oro y plata, en forma de vetas.

Mineralogía y alteraciones

La mineralogía de los yacimientos metasomáticos es la siguiente: magnetita y hematita como minerales principales y limonita, especularita, pirita, granate y calcita, como minerales accesorios más frecuentes, aunque también se encuentra diópsida, epidota y actinolita.

La mineralogía de los yacimientos hidrotermales consiste de oro libre, galena argentífera, esfalerita, calcopirita con ganga de pirita, y cuarzo.

Las alteraciones principales son oxidación en mayor proporción y silicificación y cloritización manifestándose con mayor intensidad en los contactos con el intrusivo.

Estructuras, leyes y potencial

El Encino.- Son cuerpos mineralizados irregulares de grandes dimensiones como lo demuestran los tajos a cielo abierto que se están explotando, con leyes entre 56% a 68% de fierro en los cuerpos No.1 y San Pascual. Existe un gran potencial y su producción a nivel nacional es del 21% de fierro, se tienen reservas del orden de 17'000,000 ton con leyes de 65% de fierro.

El Chilillo.- Consiste en cuerpos irregulares a estratiformes, con dimensiones aproximadas de 100 m x 100 m, con leyes de fierro del orden del 50%, se desconoce su potencial. Aunque se tienen obras de exploración realizadas por la Compañía Minera Las Encinas.

El Anima.- Es un cuerpo mineralizado irregular con magnetita y limonita de dimensiones de 300 m de largo por 200 m de ancho, se desconocen las leyes pero se estima que son del orden de 50%.

La Plomosa.- En un estudio realizado por el C. R. M. (Sandoval S. H., 1981) reporta que tomó cinco muestras de terrero dando los siguientes valores, de 99 g/ton a 313 g/ton de plata, de 5% a 7% de plomo y 2% de zinc. Tomando en cuenta la magnitud de los terreros y los valores obtenidos el potencial podría ser interesante.

La Orquidea.- Veta irregular con rumbo de 10° NW y echado de 52° NE a 89° NE, de origen hidrotermal, se desconocen sus leyes y su potencial, pero existe una gran zona de alteración.

El Saucito.- Cuerpo mineralizado irregular donde el C.R.M. en un estudio denominado el Inventario Minero del Área de Ahuijullo, reporta valores de 3.12% a 3.20%

de cobre, el potencial podría ser muy interesante ya que existe una zona alterada de gran extensión.

posteriormente se tiene un paquete de calizas (*Kace Cz*) intrusadas por un granito-granodiorita (*Ks Gr-Gd*).

IV.1.6. DISTRITO MINERO CERRO NAHUATL

Tipo de yacimientos

Ambiente geológico

Se tienen yacimientos de fierro metasomáticos en contacto en el intrusivo-calizas, así como yacimientos hidrotermales de oro y plata en forma de vetas.

En este distrito afloran calizas y areniscas (*Ka Cz-Ar*) que pertenecen a la secuencia vulcanosedimentaria,

Plantas de Beneficio de Minerales Metálicos Activas

NOMBRE DE LA PLANTA	UBICACIÓN MUNICIPIO	SISTEMA DE BENEFICIO	CAPACIDAD INSTALADA TON/DIA	TIPO DE MINERAL	PROPIETARIO
Las Encinas	El Encino Pihuamo, Jal.	Trituración Lavado y Clasificación	2,500	Fierro	HYLSA
Alzada	Est. Alzada. Cuahutemoc, Col.	Concentración Magnética y Peletizadora	4,220	Fierro	HYLSA
Cerro Nahuatl	Cerro Nahuatl Coquimatlán, Col.	Concentración Magnética	3,000	Fierro	HYLSA

Plantas de Beneficio de Minerales No Metálicos Activas

NOMBRE DE LA PLANTA	UBICACIÓN MUNICIPIO	SISTEMA DE BENEFICIO	CAPACIDAD INSTALADA TON/DIA	TIPO DE MINERAL	PROPIETARIO
Caleras Fernández	Cd. Guzmán, Jal.	Calcinación	200	Cal	Caleras Fernández
Cal Guadalajara	Huescalapa, Jal.	Calcinación	300	Cal Hidratada	Cal Guadalajara, S.A.
Yesos Industrializados de Occidente	Soyatlán de Afuera Tamazula, Jal.	Calcinación	120	Yeso	Yesos Industrializados de Occidente
Cementos Tolteca	Zapotiltic, Jal.	Calcinación	1,500	Cemento	Cementos Tolteca, S.A.
La Higuera	La Higuera Tuxpan, Jal.	Molienda	50	Calcio	Jesús Urzúa
La Reyna del Sur	21 de Noviembre Tuxpan, Jal.	Molienda	60	Carbonato de Calcio	Asociación Avalos-Rubio
Materiales La Gloria	Cerro Galindo Colima, Col.	Calcinación Hidratación	70	Cal	Materiales La Gloria, S.A.
Yesos Guadalajara	La Salada Colina, Col.	Pulverizado y Clasificado	55	Yeso	Yesos Guadalajara

Mineralogía y alteraciones

La mineralogía de los yacimientos metasomáticos es magnetita y hematita como minerales principales y limonita, especularita, pirita, granate y calcita, como minerales accesorios más frecuentes aunque también se encuentran diópsida, epidota y actinolita. Las alteraciones principales son oxidación en mayor proporción y silicificación y cloritización en menor proporción manifestándose con mayor intensidad en los contactos con el intrusivo.

Estructuras, leyes y potencial

Cerro Nahuatl.- Cuerpo irregular en explotación de fierro con dimensiones de 240 m de largo por 80 m de ancho y 60 m de desnivel, se tienen cubicadas reservas del orden de 16'625,000 toneladas con leyes que fluctúan entre 56% a 68% de fierro (Romero M.S., 1961).

El Peón.- Zona de intensa piritización y oxidación en contacto intrusivo-caliza, no se obtuvo valores en el muestreo realizado, pero la zona presenta características importantes.

IV.1.7. ÁREA MINERALIZADA PISCILA-EL SALATÓN*Ambiente geológico*

Se tiene la presencia de una secuencia vulcanosedimentaria (**Ka Vs**), unas calizas y areniscas (**Ka Cz-Ar**) un paquete de calizas (**Kace Cz**) intrusionadas por un granito-granodiorita (**Ks Gr-Gd**).

Tipo de yacimientos

Se tienen yacimientos de fierro metasomáticos encajonados en una secuencia vulcanosedimentaria y en el contacto intrusivo-secuencia vulcanosedimentaria.

Mineralogía y alteraciones

Los minerales que constituyen estos yacimientos son magnetita, hematita y sulfuros representados por pirita y esporádicamente granate y tremolita, las alteraciones más comunes son: hematización y minerales de contacto como granate y tremolita en pequeñas aureolas.

Estructuras, leyes y potencial

Piscila.- Yacimiento que ya fue explotado y se calcula que le extrajeron 2'000,000 de toneladas de fierro según un estudio del C.R.M. (Munguía R.P. et al., 1989).

Salatón (Piedra Ancha).- Yacimiento irregular de fierro de 50 m de largo por 30 m de ancho y 28 m de profundidad. La compañía minera Las Encinas realizó un estudio detallado realizando perforación de diamante y evaluando 2'000,000 toneladas de fierro. Abandonando la exploración por no profundizar el yacimiento según estudio del C.R.M. (Munguía R.P. et al., 1989).

IV.1.8. ÁREA MINERALIZADA LA VERDE*Ambiente geológico*

Aflora un intrusivo de composición granito-granodiorita (**To Gr-Gd**) el cual es el causante de la mineralización de cobre, posteriormente se tienen unas andesitas y basaltos (**Tpl Qpt A-B**), además de un paquete piroclástico (**Tpl Qpt Pc**), posteriormente afloran unas andesitas y basaltos cuaternarios (**Qho A-B**) con algunas áreas cubiertas por aluvión (**Q al**).

Tipo de yacimientos

Se tienen yacimientos de cobre en forma de stockwork epigenético que se ha definido como un porfido cuprífero encajonado en rocas intrusivas.

Mineralogía y alteraciones

Como minerales de mena en los sulfuros hipogénicos, se observa calcopirita que es el mineral que predomina y generalmente se observa asociado con bornita y muy escasamente molibdenita. Además, en los sulfuros supergénicos se puede observar calcita y covelita. Como minerales de ganga están los feldespatos predominantemente, siguiéndole en abundancia el cuarzo, la calcita y la sericita.

Las alteraciones principales en el área son sericitica o filica, silicificación y propilitización.

Estructuras, leyes y potencial

La Verde.- Cuerpo mineralizado, encajonado en el intrusivo con zonas lenticulares formando vetas y stockwork, las vetas tienen un sistema E-W con una inclinación de 80° S, el yacimiento es un

porfido cuprífero con dimensiones de 700 m de largo por 250 m de ancho y profundidades variables, se tienen leyes cubicadas con barrenación y obra minera 36'600,000 toneladas con 0.693% de cobre (Duran M.H.A., 1997).

IV.1.9. ÁREA MINERALIZADA DE SANTA MARÍA DEL ORO (MANUEL M. DIÉGUEZ)

Ambiente geológico

En esta área afloran rocas de la Formación Tecalitlán constituídas por unas tobas andesíticas y riolíticas cretácicas (*Kbap TA-TR*) posteriormente afloran otras tobas andesíticas y riolíticas de edad terciaria (*To TA-TR*), después tenemos tobas riolíticas terciarias (*Tm TR*) intrusionadas por el Batolito Jilotlán (*Tpae GR-Gd*).

Tipo de yacimientos

Se tienen yacimientos de oro y plata hidrotermales encajonados en rocas graníticas del Batolito Jilotlán, así como yacimientos de cobre en forma de stockwork.

Mineralogía y alteraciones

Los minerales hipogénicos son: oro nativo, galena, calcopirita, pirita, blenda, molibdenita y cuarzo. Los supergénicos son: limonita, hematita, calcita, malaquita, azurita y pirolusita y como ganga se tienen: calcita, cuarzo, pirita y limonita.

Las alteraciones más frecuentes son: oxidación, silicificación, piritización, caolinización, asociadas a las zonas mineralizadas que están controladas por fracturas y/o fallas producidas durante la intrusión.

Estructuras, leyes y potencial

La Montera.- Este yacimiento se presenta en forma de manto de origen hidrotermal con un rumbo de 24° al NE y una inclinación de 7°, este yacimiento consta de tres prospectos (a) Lucero con valores 0.65% de cobre y 0.133% de molibdeno, (b) Las Palomas con 0.04% de molibdeno y 0.076% de tungsteno y (c) La Gobernadora con 0.091% de molibdeno y 0.7% de tungsteno, la longitud de la estructura principal es de 75 m y un espesor de 0.50 m.

Hukas.- Se tienen vetas angostas encajonadas en rocas graníticas, con rumbo general de 65° NW y

echado vertical con corrimientos cortos de 12 m. Con valores de 11 g/ton de plata, 0.1% de plomo, y 24.7% de zinc según estudio realizado por el C.R.M. (Sandoval S.H., 1981). El potencial parece ser reducido como lo demuestran sus dimensiones.

Matahari II.- Veta hidrotermal con rumbo de 28° NW y echado variable de 40°NE a 85° NE, con longitud de 300 m y un espesor de 0.38 m. Con valores de 27 g/ton de plata, 0.38% de plomo y 1.4% de cobre según estudio realizado por el C.R.M. (Sandoval S.H., 1981).

La Cabrera.- El yacimiento es en forma de manto siendo del tipo de metasomatismo de contacto de poca dimensión y un espesor de 0.62 m con un rumbo de 30° NE y una inclinación de 32° NW, con valores de 0.1% a 4.2% de zinc tomando en cuenta las dimensiones y las bajas leyes de 22 muestras que se tomaron, el yacimiento no tienen potencial según estudio realizado por el C.R.M. (Sandoval S.H., 1981).

El Triunfo.- Es una veta hidrotermal con rumbo de 65° NW y echado de 70° NE, con longitud de 60 m y espesores de 0.60 m con leyes de 0.3 g/ton de oro, y 8 g/ton de plata según valores y dimensiones el prospecto carece de interés según el estudio realizado por el C.R.M. (Sandoval S.H., 1981).

Veta San Guillermo.- Veta con rumbo 70° NW y un echado de 60° NE a 80° al NE, con longitud de 100 m y un espesor de 1 m, con valores de 0.3 g/ton a 5.2 g/ton de oro y de 24 g/ton a 118 g/ton de plata, aunque las leyes son atractivas posiblemente el potencial sea pequeño según lo manifiesta el estudio realizado por el C.R.M. (Sandoval S.H., 1981).

La Fortuna.- Veta con rumbo de 75° NE y un echado de 65° NW, esta veta no se manifiesta muy clara en superficie por lo que no se determinó su longitud y espesor, tiene leyes de 14.8 g/ton de oro y 277 g/ton de plata. Este prospecto tiene buenas leyes, por lo que se recomienda realizar exploraciones con más detalle, con lo que se podría aumentar el potencial.

Flor de Plata.- Veta irregular con rumbo de 34° NW y echado de 32° NE, en superficie no se observa muy clara su longitud ni espesor, se tienen resultados de 10 g/ton de plata, de 2.32% a 5.56% de plomo, de 1.93% a 11.28% de zinc y de 0.16% a 8.7% de cobre, el potencial no está muy bien definido por falta de más exploración.

Horcón Bonito.- Veta con rumbo de 37° NW y echado de 74° NE, con longitudes de 250 m y un espesor de 4.60 m; se obtuvieron valores de hasta 1.74% de cobre y 24 g/ton de oro según el muestreo realizado por el C.R.M. (Romo R.J., 1992).

El Bimbalete.- Veta con rumbo de 70° NE y echado de 70° SE con longitud de 300 m y un espesor de 1 m, las leyes de una muestra reporta valores de 450 g/ton de plata.

IV.1.10. ÁREA MINERALIZADA DE TAPALPA

Ambiente geológico

Las rocas más antiguas que afloran en esta región las constituyen una brecha volcánica andesítica y un conglomerado polimíctico (*JsKi BvA-Cgp*), denominado como Brecha Jalisco, también afloran unas areniscas y lutitas cretácicas (*Kbeh Ar-Lu*), además de unas tobas riolíticas (*Kc TR*) posteriormente se tienen basaltos y andesitas (*Tpl B-A*) y algunas áreas cubiertas por aluvión (*Q al*).

Tipo de Yacimientos

Se tienen yacimientos hidrotermales en formas de vetas con valores de oro, plata, plomo, cobre y zinc y yacimientos de hierro también de origen hidrotermal.

Mineralogía y alteraciones

Los minerales principales son: hipogénicos como galena argentífera, cuarzo, blenda, hematita, bornita y cobre nativo; supergénicos calcita, limonita, azurita, malaquita, calcita y los de ganga son: calcita, limonita y cuarzo. Las alteraciones principales existentes en el área son: oxidación, caolinización, carbonatación y silicificación asociadas a fracturas lo cual nos indica que son de tipo hidrotermal.

Estructuras, leyes y potencial

El Cuatro.- Veta hidrotermal con un espesor promedio de 0.50 m en forma de pequeños lentes con valores de 1.7 g/ton de oro y 823 g/ton de plata según estudio realizado por el C.R.M. (Maldonado R.J., 1983).

Piedra Bola.- Cuerpo irregular de hierro con dimensiones de 75 m de largo y de 3 m a 10 m de ancho y 10 m de profundidad con una ley de 83%

de hierro según estudio realizado por el C.R.M. (Maldonado R.J., 1994).

El Roberto.- Veta tabular con rumbo de 50° NW a 65° NW y un echado de 68° SW a 74° SW, son pequeñas bolsas mineralizadas de 0.50 m de ancho y 10 m de longitud con valores de 2 g/ton de oro según reporte de estudio realizado por el C.R.M. (Maldonado R.J., 1983).

IV.1.11. DISTRITO MINERO DE AHUIJULLO

Ambiente geológico

Se tiene una secuencia vulcanosedimentaria (*Ka Vs*) además de un afloramiento de calizas (*Kace Cz*) intrusionadas por el Batolito Jilotlán (*Tpae Gr-Gd*), sobreyaciendo a éstas se tiene un paquete de conglomerados y areniscas (*Tpae Cpg-Ar*) intrusionando a este paquete un granito (*To Gr-Gd*) y por último unas tobas andesíticas y riolíticas (*To TA-TR*).

Tipo de Yacimientos

Se tienen yacimientos de hierro metasomáticos así como vetas hidrotermales con valores de oro, plata, cobre y zinc.

Mineralogía y alteraciones

La mineralización del área consiste principalmente de hierro, hematita, magnetita, pirita, cuarzo y calcita y en los hidrotermales de oro libre, galena argentífera, malaquita, azurita y barita.

La alteración principal que se presenta es la oxidación de los minerales de hierro, también se observa piritización y en ocasiones azufre, esto en los yacimientos de hierro. En los yacimientos hidrotermales se observa silicificación, oxidación y cloritización.

Estructuras, leyes y potencial

Los Guajes.- Afloran 8 estructuras la principal con corrimiento de 700 m y espesor de 2 m en un área de 4 Km por 6 Km, con valores de 72 g/ton a 125 g/ton de plata y de 2.46% a 18.70% de cobre según estudio realizado por el C.R.M. (Romo R.J., 1992).

El Potrero.- Se tienen varias vetas con rumbo de 20° NE a 50° NE y echado de 42° NW a 85° NW en una extensión de 5 Km por 1 Km con valores

de 0.6 g/ton de oro, 1.03% de zinc y 16.71% de cobre según estudio realizado por el C.R.M. (Velázquez S.E., 1990).

Fierro de Obregón.- Cuerpo irregular en el que se tienen evaluadas reservas del orden de 5,600 toneladas de fierro con ley de 65% según estudio del C.R.M.

Piedra Imán.- Se tienen tres cuerpos de fierro, con dimensiones de hasta 600 m de longitud por 60 m de ancho y 80 m de profundidad constituidos de magnetita y hematita, con valores adicionales de 2.26% a 4.80% de cobre, según estudio realizado por el C.R.M. (Velázquez S.E., 1990).

El Conejo.- Cuerpo de fierro irregular de 700 m de longitud por 20 m de profundidad, con ley de 58% de fierro, según estudios realizados por el C.R.M. (Romo R.J., 1992).

El Cobre.- Veta hidrotermal con rumbo de 70° NW y echado de 80° SW con longitud de 30 m y espesor de 2 m, con leyes de 17 g/ton de plata, 0.7% de plomo, de 3.15% a 5.23% de zinc y de 0.67% a 1.34% de cobre.

IV.1.12. ÁREA MINERA DE JILOTLÁN DE LOS DOLORES-TECALITLÁN

Ambiente geológico

En esta área encontramos que la unidad más antigua está formada por una secuencia vulcanosedimentaria (*Ka Vs*), sobreyaciendo a esta secuencia tenemos una alternancia de tobas andesíticas y tobas riolíticas (*Tpae TA-TR*), ambas intrusadas por el Batolito Jilotlán (*Tpae Gr-Gd*).

Tipo de Yacimientos

Se tienen yacimientos hidrotermales con valores de oro y plata, así como tipo skarn.

Mineralogía y alteraciones

La mineralogía que se ha observado es cuarzo, pirita, calcopirita, hematita, limonita, malaquita, especularita y galena argentífera. Las alteraciones más frecuentes que se observan son silicificación, oxidación y caolinización, asociadas a zonas de mineralización que están controladas por fallas o fracturas producidas durante la intrusión del Batolito Jilotlán.

Estructuras, leyes y potencial

La Inmaculada.- Cuerpo irregular mineralizado del tipo de skarn con una extensión de 800 m por 400 m de ancho, con leyes de 0.5 g/ton a 4.93 g/ton de oro, 22 g/ton de plata y de 1% a 3% de cobre, según informe realizado por el C.R.M. (Romo R.J., 1996). El potencial es importante por las características geológicas que presenta este yacimiento.

La Sultana.- Es una veta irregular con un rumbo de 30° NE a 38° NE y echado de 50° NW con un corrimiento de 800 m y un espesor de 3 m con valores de 0.2 g/ton a 8.9 g/ton de oro, de 0.4% a 4% de zinc y de 0.3% a 8.9% de cobre, según estudio realizado por el C.R.M. (Munguía P.R. et al., 1989). El potencial se observa atractivo por sus dimensiones, leyes y características geológicas.

El Cobre.- Veta con rumbo de 33° NW a 42° NW y un echado de 36° NE a 62° NE, con longitud de 1 Km y espesor de 4 m, con valores de 1 g/ton a 24.8 g/ton de oro, 40 g/ton de plata y de 0.21% a 1.0% de cobre, según estudio realizado por el C.R.M. (Munguía P.R. et al., 1989). El potencial podrá ser interesante por sus dimensiones y sus valores obtenidos.

El Norite.- Veta irregular con rumbo de 30° NE y echado de 85° NW con longitud de 300 m y espesor de 5 m, en el estudio realizado por el C.R.M. (Munguía P.R. et al., 1989), no reporta valores y el potencial es incierto ya que hace falta más exploración.

La Leona.- Veta hidrotermal irregular con rumbo de 30° NE y echado de 70° SE con valores de 0.3 g/ton a 2 g/ton de oro, en el estudio realizado por el C.R.M. (Munguía P.R. et al., 1989) no menciona las dimensiones de la veta por lo que se desconoce el potencial.

IV.1.13. DISTRITO MINERO DE TEPALCATEPEC

Ambiente geológico

En este distrito se tiene la secuencia vulcanosedimentaria (*Ka Vs*) como la unidad más antigua intrusionando a esta se tiene el Batolito Jilotlán (*Tpae Gr-Gd*), sobreyaciendo a éste tenemos un paquete de conglomerados y areniscas (*Tpae Cgp-Ar*) e intrusionando a éste paquete se tiene un intrusivo terciario (*To Gr-Gd*),

posteriormente se tienen una unidad de tobas andesíticas y riolíticas (**To TA-TR**).

Tipo de Yacimientos

En este distrito se tienen yacimientos vulcanogénicos que son explotados por barita y sulfuros, además de hidrotermales en vetas y stockwork.

Mineralogía y alteraciones

La mineralogía observada es barita, azurita, pirita, calcopirita y malaquita. Las alteraciones más comunes son: oxidación y piritización, la primera está representada principalmente por limonita producto de la oxidación de la pirita.

Estructuras, leyes y potencial

Pipiriguare.- En esta veta se tiene un rumbo de 82° NW y echado de 74° NE, con longitud de 200 m y un espesor de 1.50 m, se tiene un socavón de 37 m de largo donde se tomaron 6 muestras que reportan valores de hasta 0.40 g/ton de oro y 1.45% de plomo, según reporta un estudio del C.R.M. (Romo J.R., 1992).

La Codiciada (Gallardo).- Cuerpo mineralizado irregular de origen vulcanosedimentario, que se explota a cielo abierto, con dimensiones de 100 m por 80 m por 50 m. En la monografía geológica minera de Jalisco, realizada por el C.R.M. mencionan valores de 0.8 g/ton de oro, 1957 g/ton de plata, 0.26% de plomo, 1.3% de zinc y 4.2% de cobre, además de la barita que es el principal mineral que se explota.

La Blanca.- Cuerpo mineralizada irregular de origen vulcanosedimentario, que se explota a cielo abierto, por barita, con 80 m de longitud por 50 m de ancho y 30 m de desnivel, existiendo una evidente mineralización de sulfuros de plomo, cobre y zinc.

San Francisco.- Yacimiento irregular en forma de ramaleo en un área de 4 Km² según estudio del C.R.M. (Romo R.J., 1992). Donde repota valores de 1 g/ton a 2.2 g/ton de oro, de 50 g/ton a 263 g/ton de plata, 1.58% de plomo, y de 1% a 3% de cobre.

Nahuilt.- Veta hidrotermal con 30° NE y echado de 50° NW, según un estudio realizado por C.R.M. (Alvarado M.H., 1978) repota valores de

0.25 g/ton a 36 g/ton de oro y de 27 g/ton a 118 g/ton de plata.

La Mina.- Veta hidrotermal con rumbo de 47° NW y echado de 82° NE, con longitud de 200 m y un espesor de 2 m. Un estudio realizado por el C.R.M. (Romo R.J., 1992) de 10 muestras reporta volores de hasta 110 g/ton de plata y 0.57% de cobre.

IV. 2. NO METÁLICOS:

IV.2.1. INTRODUCCIÓN

En la Carta Colima existe un gran número de minerales no metálicos de interés, que están siendo explotados como son: las calizas, yesos y arcillas de Ciudad Guzmán y Zapotiltic, Jal., las calizas de La Higuera y El Higueral al norte de Pihuamo, Jal., los yesos de Soyatlán de Adentro Jal., el caolín de la Mina Los Nogales en Pihuamo, Jal., las calizas y yeso de Cerro Galindo y La Salada en Colima, la barita de La Blanca y La Codiciada, en la región de Tepalcatepec, Mich. esto solo por mencionar los más importantes ya que existe un gran número de prospectos sin explotar, además de un gran número de bancos de materiales pétreos que están en explotación distribuidos principalmente en la parte NE de la carta, y en toda la región volcánica.

IV.2.2. AMBIENTE GEOLÓGICO REGIONAL

Los bancos de caliza son el resultado de las rocas sedimentarias marinas recristalizadas de la Formación Morelos (?) (**Kace Cz**). Los bancos de yeso son el resultado de las rocas sedimentarias marinas de la Formación Madrid (**Ka Cz-Ar**) y Morelos (?) (**Kace Cz**). Los yesos son sulfato de calcio hidratado y se encuentran asociados con anhidrita, calcita y óxidos de azufre que actúan como impurezas en las calizas, su mineralogía la constituye el carbonato de calcio y en menor proporción magnesio, fierro y potasio. Los yacimientos de barita son de origen hidrotermal asociados a yacimientos vulcanogénicos en una secuencia de rocas vulcanosedimentarias (**Ka Vs**). Los bancos de materiales pétreos están relacionados al vulcanismo andesítico y basáltico (**TplQpt A-B**) constituidos en su mayoría por conos volcánicos. Los yacimientos de caolín están relacionados a tobas riolíticas (**Tm TR**) que han sufrido procesos de caolinización por soluciones hidrotermales.

Calizas

Los principales bancos en explotación son: La Tolteca para la fabricación de cemento, Cal Perla y Cal Cobra para la fabricación de cal hidratada para la construcción; estos yacimientos los constituyen paquetes de calizas con espesores de más de 100 m y longitudes de 2 Km. Existen otros bancos en explotación que se localizan al norte de Pihuamo denominados La Higuera y El Higueral donde explotan carbonato de calcio. El banco de la Higuera tiene una longitud de 500 m por 283 m de ancho y una profundidad de 50 m a 120 m donde el C.R.M. (Romo R.J., 1994) cubicó con barrenación de diamante 16'132,214 toneladas con leyes de 91.72% de carbonato de calcio (CaCO_3), además existen 2 bancos más en explotación denominados El Vergel en el Mpio. de Tecalitlán, Jal. Y Cs Quimical en el Mpio. de Tamazula, Jal., explotados por carbonato de calcio.

Yesos

En el Estado de Colima destacan varios bancos en explotación como son: La Gloria, El Ermitaño y La Salada, localizados al sur de la ciudad de Colima por la carretera a Manzanillo, además de 2 yacimientos más que no están en explotación localizados en el Mpio. de Coquimatlán, Col., denominados La Alcantarilla y Agua Zarca (La Constancia) al cual se le tienen cubicados 6'000,000 de m^3 con leyes del 95% de yeso, 89.7% de anhidrita, según un estudio del C.R.M. (Munguía P.R. et al., 1989). Existiendo otros bancos denominados La Blanca y La Alianza en el Mpio. de Tamazula, Jal.

Barita

Se tienen 2 yacimientos en explotación La Blanca en Michoacán y La Codiciada en Jalisco, en estos dos yacimientos además de la barita se tienen sulfuros con valores de oro, plata, plomo, zinc y cobre, existen otros yacimientos que se encuentran abandonados en el Mpio. de Pihuamo, Jal. Y se denominan La Amarillera y Los Mezcales y dos más en el Mpio. de Tepalcatepec, Mich. denominados El Platanar y La Sorpresa.

Agregados pétreos

En la carta existen 60 bancos de agregados pétreos en la región de Zamora-Uruapán en extremo NE de la carta; existen 31 bancos de los cuales 15 están en explotación y 16 inactivos. En la región de Apatzingán-Nueva Italia al SE de la carta existen 9 bancos, 7 en explotación y 2 abandonados. En el resto de la carta se tienen 20 bancos más de los cuales 14 están en explotación y 6 inactivos. La mayoría de estos bancos son de dimensiones considerables por lo que el potencial es bastante atractivo.

Caolín

Existen 2 yacimientos, uno en explotación denominado Los Nogales en el Mpio. de Pihuamo, Jal., el cual se explota a cielo abierto y otro en el Mpio. de Mazamitla, Jal. llamado El Conejo el cual se encuentra inactivo.

V.3. ZONAS PROSPECTIVAS

ZONAS PROSPECTIVAS DE YACIMIENTOS METÁLICOS

En la Carta Colima existen varias zonas con posibilidades de contener yacimientos minerales como son: Tepalcatepec donde se tiene una secuencia volcanosedimentaria, la cual es muy favorable para contener yacimientos tipo volcanogénicos e hidrotermales, como lo demuestran las minas y prospectos existentes de barita y sulfuros como La Blanca y La Codiciada.

La Zona de Ahuijullo: Existen rocas intrusivas graníticas en contacto con volcánicas y sedimentarias, localizándose minas y prospectos de origen hidrotermal y de metasomatismo de contacto de fierro, oro, plata y cobre como son Palo Bobo, Fierro de Obregón, Los Guajes, El Potrero y otros.

La Zona de Pihuamo: Donde se tienen rocas intrusivas en contacto con la secuencia volcanosedimentaria y donde se tienen minas y prospectos de origen metasomático de contacto e hidrotermales, los primeros de fierro y los segundos de oro y plata como El Encino, El Anima y La Plomosa.

Zona de Las Animas: En esta zona afloran las rocas intrusivas graníticas del Batolito Jilotlán en contacto con volcánicas y volcanosedimentarias, existiendo yacimientos de tipo hidrotermal de oro, plata y cobre como La Inmaculada, La Leona, El Cobre y otros.

Zona de Jilotlán de Los Dolores: Se tienen rocas intrusivas graníticas, del Batolito Jilotlán, existiendo yacimientos hidrotermales de oro, plata y cobre como San Francisco, La Haciendita, Pipiriguare, La Mina, etc.

Zona de Manuel M Diéguez (Santa Ma. del Oro): Rocas intrusivas graníticas pertenecientes al Batolito de Jilotlán, en contacto con volcánicas y sedimentarias, donde existen minas y prospectos por oro, plata, cobre, plomo y zinc como las minas La Fortuna, El Bimbalete, Hukas y otras.

Zona de La Sierra de Manantlán: Rocas sedimentarias en contacto con rocas intrusivas del Batolito Puerto Vallarta, el cual al parecer dio origen a los yacimientos de Peña Colorada y Cerro Náhuatl, y a dos prospectos de oro, plata y cobre, en esta sierra se cree que con una buena exploración se podrían localizar yacimientos económicamente explotables. En todas éstas zonas que hemos mencionado existen minas y prospectos ya conocidos, pero que no han sido lo suficientemente explorados por varias razones, lo costoso y riesgoso que resulta la exploración, la falta de infraestructura de estas áreas ya que algunas son de difícil acceso. Pero tomando en cuenta los aspectos geológicos y los antecedentes mineros, las áreas antes mencionadas resultan atractivas para la localización de yacimientos económicamente explotables.

ZONAS PROSPECTIVAS DE YACIMIENTOS NO METÁLICOS:

Zona de Ciudad Guzmán–Zapotiltic: Se tienen calizas y arcillas que están siendo explotadas para la fabricación de cal hidratada y cemento existiendo gran potencial por explorar, esta zona es atractiva dada la infraestructura carretera con que se cuenta y las dimensiones de los afloramientos de caliza que existen.

Zona de Tamazula de Gordiano: En ésta zona existen rocas sedimentarias donde se explotan calizas y yesos, sobre todo en el área de Soyatlán quedando por explorar un gran potencial.

Zona del Cerro El Naranjo: Esta sierra tiene un gran potencial de calizas que no han sido exploradas, con un estudio se podría definir su calidad para ser explotadas como roca dimensionable ó como carbonato de calcio.

Zona Sur de Colima: En ésta zona se tienen calizas y yesos que están siendo explotados y que cuentan con una infraestructura carretera excelente y un gran potencial por explorar.

Zona Volcánica: En toda la zona volcánica de la Carta Colima existe un gran número de conos cineríticos en explotación por arena y grava existiendo un gran potencial por explotar.

VI.- MODELOS DE YACIMIENTOS

En el área de estudio se tienen yacimientos de fierro que de acuerdo a sus características geológicas y mineralógicas son de origen de metasomatismo de contacto, como ejemplo de estos tenemos el yacimiento de Cerro Náhuatl en Colima, El Encino en Jalisco y Palo Bobo en Michoacán, que fueron generados por intrusiones, en contacto con rocas sedimentarias ó de la secuencia vulcanosedimentaria (**Figura 13**).

Como yacimientos de origen hidrotermal de oro plata, plomo cobre y zinc, se tienen los yacimientos de las áreas de Santa Ma. del Oro (Manuel M. Diéguez) Pihuamo, Jilotlán de los Dolores y Tapalpa, ya que la mineralización está relacionada a cuerpos intrusivos cuyo magmatismo aportó fluidos, los cuales fueron

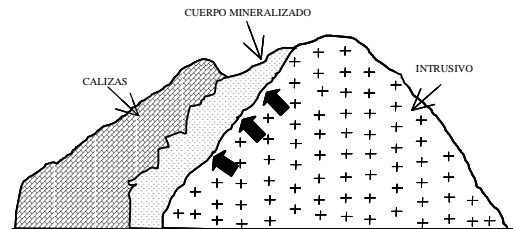


Figura 13. Sección idealizada del yacimiento de fierro de metasomatismo del Cerro Nahuatl, Col.

depositados en fracturas y fallas ó en el contacto con rocas sedimentarias dando origen a las vetas existentes (**Figura 14 y 15**).

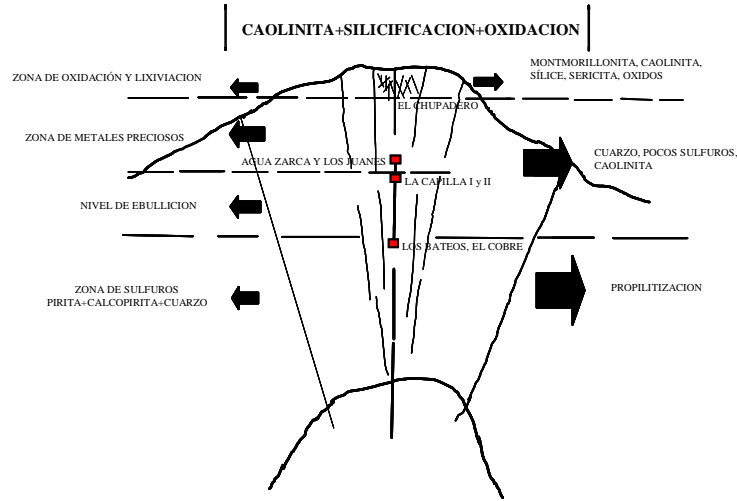


Figura 14. Modelo geológico de la asignación El Cobre – La Inmaculada, (Mercado P. G., 1998).

Tomando en cuenta que la mineralización en el yacimiento de cobre de la Mina La Verde es posterior a las cuarzdioritas que son las rocas encajonantes, el depósito es de origen epigenético; asimismo es un ejemplo de hidrotermalismo y

pertenece a la variedad de disseminado o pórfido cuprífero según Bateman A.M., (1968) (Figura 16).

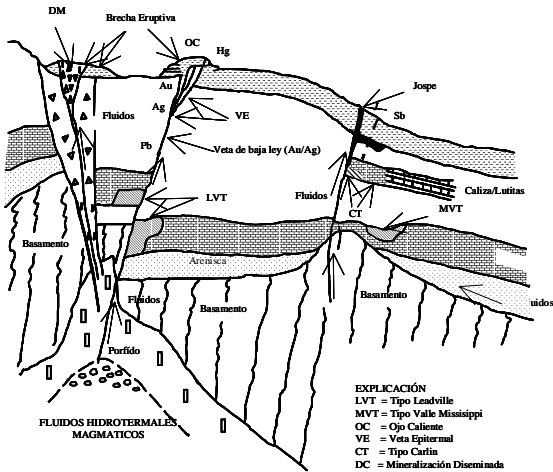


Figura 15. Sección esquemática, modelos de yacimientos minerales (Thomson B. T.).

En el área de Tepalcatepec Michoacán existen 2 minas en explotación por barita y sulfuros y son La Blanca y La Codiciada respectivamente y tomando en cuenta, sus características geológicas y mineralógicas se les ha asignado un origen vulcanosedimentario ya que sin existir estudios a detalle que lo comprueben, presentan características muy similares a yacimientos vulcanosedimentarios ya conocidos y estudiados como La Minita en el Estado de Michoacán y que se localiza al sur del área.



Figura 16. Sección idealizada del yacimiento de cobre tipo pórfido cuprífero de La Verde, Mich.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones de este trabajo son de carácter litoestratigráfico ya que se reporta por vez primera a la brecha Jalisco cuya distribución

es por demás extensa y cuyo significado geológico aun es tema abierto. Esta Unidad está cubierta por

la Formación Alberca por lo que se le asignó una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

Por otra parte, también por vez primera se documenta con radiometría y estratigrafía la extensión, hasta la región de Cotija de la Sierra Madre Occidental. Asimismo, también se documenta la presencia de la secuencia basáltica del Mioceno Superior que es correlacionable con la expuesta en la región al norte de la Carta Guadalajara.

Desde el punto de vista estructural se sugirió que la falla Chapala-Oaxaca estaba, en esta región, segmentada en dos partes. El extremo NW corresponde con el Semi-Graben de Cotija en tanto que la SE divide al Campo Volcánico Michoacán Guanajuato en dos sectores.

En sentido vulcano-tectónico se sugirió la posibilidad de que los lahares y avalanchas del Volcan Tancitaro estuviesen asociados a un colapso de dirección E que probablemente estuvo controlado por una extensión E-W. Asimismo, se reconoció que los volcanes historicamente activos, Parícutín y Jorullo, están emplazados sobre la traza de la falla Chapala-Oaxaca.

En el área que cubre la Carta Colima se localizan los distintos mineros de Pihuamo, Cerro Náhuatl, Santa Ma. del Oro (Manuel M. Diéguez) Piscila - Salatón y parte de los distritos de Coalcomán, Inguarán y Tapalpa.

Desde el punto de vista minero el área de estudio es muy atractiva ya que cuenta con zonas mineras importantes que están en explotación, tanto de minerales metálicos, como de minerales no metálicos, entre las zonas con yacimientos metálicos más importantes se tienen: Cerro Náhuatl, Pihuamo, Ahuijullo y Tepalcatepec.

En las zonas con yacimientos no metálicos se tiene: Ciudad Guzmán, Tamazula, La Higuera, Cerro Galindo, La Salada y Tepalcatepec.

Entre las áreas prospectivas para minerales metálicos se podrían mencionar: Santa Ma. del Oro (Manuel M. Diéguez), Jilotlán de los Dolores, Las Animas y Tapalpa, las cuales con exploraciones a más detalle se podría definir la importancia de yacimientos que pudieran ser económicamente explotables.

Como áreas prospectivas para minerales no metálicos se pueden mencionar: el Batolito

Jilotlán, las calizas del Cerro el Naranjo y las rocas sedimentarias del sur de Colima donde se tienen calizas, yesos y dolomitas, así como las calizas del norte de Pihuamo.

Las minas de minerales metálicos que actualmente están en explotación son: El Encino y El Anima en el Estado de Jalisco, Cerro Náhuatl en Colima y Palo Bobo en Michoacán, éstas se explotan por fierro. La Verde por cobre en Michoacán y dos minas más que son explotadas por sulfuros y barita, La Codiciada en Jalisco y La Blanca en Michoacán.

Las plantas de beneficio para minerales metálicos que existen en la actualidad son :

El Encino y Alzada en Jalisco y Cerro Náhuatl en Colima.

Las minas de minerales no metálicos son : La Tolteca, Cal Cobra, Cal Perla, La Higuera, El Higueral, La Blanca, La Codiciada y Los Nogales en el Estado de Jalisco, que se explotan por caliza, yeso, caolín, arcilla y barita. Cerro Galindo y La Salada por caliza y yeso en el Estado de Colima y La Blanca por barita en el Estado de Michoacán. Además de 24 bancos en explotación de arena y grava, distribuidos en la parte E de la carta, correspondiendo a la zona volcánica.

Las plantas de beneficios para minerales no metálicos que existen en la carta son : La Tolteca, Caleras Fernández, Huescalapa, Yesos Industrializados, La Higuera y 21 de Noviembre, éstas en el Estado de Jalisco. Cerro Galindo y La Salada en el Estado de Colima. Existiendo también quebradoras para la producción de grava, distribuidas en toda la carta.

Se recomienda para exploraciones futuras las cartas Esc. 1:50,000 Tepames E13-B45, Ahuijullo E13-B46, Tepaltepec E13-B47, Tecalitlán E13-B36 y Manuel M. Diéguez E13-B27.

Riesgo Volcánico del Volcán Colima.

El riesgo volcánico de esta región es alto, el registro vulcanológico de dicho volcán nos dice que tiene una erupción violenta y explosiva cada 80 años o 100 años aproximadamente. Esta erupción puede estar constituida por derrames de lava, flujos piroclásticos ó detritos de avalancha, considerándose estas las más peligrosas por su constitución y forma de desplazamiento.

Una avalancha del Nevado de Colima llegó hasta el mar en la región de Punta de Apiza, desplazándose a una velocidad promedio de 100 Km/h y 120 Km/h, la distancia entre el Nevado de Colima y la región mencionada es de 120 Km.

Se considera de alto riesgo volcánico a esta zona porque todas las poblaciones y rancherías que se encuentran al sur de dicho volcán pueden ser afectadas en un evento volcánico mayor, estas

poblaciones son: Tonila, Quesería, Cuahutémoc, Comala y Colima y rancherías como La Yerbabuena, El Remate, Cofradía de Zuchitlán, El Carrizal, Montitlán y Juan Barragán, entre otras; dichas poblaciones fueron edificadas cuando menos sobre una avalancha del Coloso de Fuego.

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo C.J.E., 1983. Integración y Análisis de la Información Geológico - Geofísica de la Cuenca Colima – Jalisco, proy. C-114, I.M.P. inédito.
- Alarcón C.L., 1981. Estudio de la Geología del Subsuelo y sus Posibilidades Petrolíferas de la Porción Central de la Cuenca de Colima, I.P.N, México.
- Alencáster G. y Pantoja A.J., 1986. Coalcomana Ramosa (Boehm) (Bivalvia-Hippuritacea) del Albiano Temprano del Cerro de Tuxpán, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 47, p. 33-46.
- Alva L.M. y Vega J.J., 1993. Estudio de Minerales de Hierro y Titanio y Magnetismo de rocas en el Distrito Ferrífero “El Encino”, Jalisco, México. Geofísica Internacional .
- Alvarado M.H., 1978. Reconocimiento Geológico Geoquímico preliminar del Proyecto Villa Victoria.
- Allan J.F. y Carmichael I.S.E., 1984. Lamprophiric lavas in the northern Colima Graben, SW Mexico. Contributions to Mineralogy and Petrology, 88, p.203-216.
- Allan J.F., 1985. Sediment depth in the northern Colima graben from 3-D interpretation of gravity. Geofís. Int., v. 24-1, p.21-30.
- Allan J.F., 1986. Geology of the northern Colima and Zacoalco Grabens, southWest Mexico: Late Cenozoic rifting in the Mexican Volcanic Belt: Geologic Society of America Bulletin, v. 97, p.473-485.
- Allan J.F., Nelson S.A., Luhr J.F., Carmichael I.S.E., Wopat. M. and Wallace P.J., 1991. Pliocene-Recent rifting in SW Mexico and associated Volcanism: An exotic terrane in the making, in Dauphin, P.J., and Simoneit, B.R.T., eds., The Gulf and peninsular province of the Californias Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., v. 47, p.425-445.
- Arriaga G.G., 1962. Geología y Génesis del yacimiento de fierro del Cerro Nahuatl, Coquimatlán, Colima Tesis Profesional.
- Ban M.S., Hasenaka H.T., Delgado G. and Tanaka N., 1994. K-Ar ages of lava from shield volcanoes in Michoacan-Guanajuato Volcanic Field, Mexico, Geofísica Internacional, 31, 4, p.467-473.
- Bandy W.L., Mortera G.C.A. and J. Urrutia F.J., 1993. Gravity field of the southern Colima Graben, Mexico, Geofis. Internal., v. 32, No. 4, p.561-568.
- Barrera H.D. and Martín Del P.A.L., 1997. “Lava advance during Colima Volcano’s 1991, Eruptión “IAVCEI”, Volcanic Activity and enviroment. Abstracts.
- Barrera H.D., Gutiérrez M.C., Mondragón T.J., Pérez R.G., Rosas E.J. y Zárate del V.P.F., 1995. “Estudio Geológico Estructural Hidrológico y Sísmico de Ciudad Guzmán, Jal., C.C.T. U. de G., México p. 1 – 85.
- Barrier E., Bourgois J. and Michaud F., 1990. Le systeme de rift actifs du point triple de Jalisco: vers un proto-golfe de Jalisco. Académie des Sciences Comptes Rendus, Paris, v. 310, p.1513-1520.
- Bateman A.M., 1968. Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico.
- Clark K.F., Foster C.T. and Damon P.E., 1982. Cenozoic mineral depositis and subduction-related magmatic arc in Mexico. Geol. Soc. Amer. Bull., 93, p.533-544.
- Connor Ch.B., 1990. Cinder cone clustering in the Transmexican Volcanic Belt: Implications for the structural and petrological models, Journal of Geophysical Research, v. 95, No. B12, p.19,395-19,405.
- Consejo de Recursos Minerales. 1992. Monografía Geológico-Minera del Estado de Jalisco. Pub. M-5e, SEMIP.
- Corona E.R. y Morales A., 1991. Coquimatlán, Colima Levantamiento Magnetométrico del Cerro Nahuatl. Tesis Profesional IPN. Mineralogía del Yacimiento de Hierro Peña Colorada, Estado de Colima, Convención Evolución Geológica de México 1ª memoria p.37-39, 211-213.
- Cruz R.R. y Omaña P.H., 1986. La Geoquímica Aplicada a la Exploración de Sulfuros Masivos Vulcanogénicos: Proyecto Eje Neovolcánico. VII Conv. Nal. Sociedad Geológica Mexicana. resúmenes.
- Cuevas G. M. del C., 1983. Bioestratigrafía del Cretácico Medio al sur de la cuenca Jalisco y su aplicación geo-económico. 6ª. Convención Geológica Nacional, resumen
- De la Fuente M.D.D., Cserna Z. Mena M. y Aiken C.L.V., 1990. Anomalías Potenciales en el Volcán de Colima: Universidad de Colima, Memorias de la 2da. Reunión Nacional "Volcán de Colima" y 1a. Reunión Internacional de Vulcanología, p.37 resumen.
- De León J. y Andrade F., 1985. Informe Geológico Preliminar al lote “El Increíble” Mpio. de Jilotlán – Tecalitlán, Jalisco.
- De Mets C. and Stein S., 1990. Present-Day Kinematic of Rivera Plate an Implications for Tectonics in Southwestern Mexico, J. Geophys. Res., v.95, No. B13, p.21931-21948.

- De Mets C., Carmichael I.S.E., Melbourne T., Sanchez C.O., Stock J., Suarez R.G. and Hudnut K., 1995. Anticipating the successor to Mexico 92s largest hystorical earthquake. EOS, Transaction, American Geophysical Union, p.76, 42, 417-424.
- Delgado H., 1992. Paleomagnetic studies in the Chapala Region and Michoacán-Guanajuato volcanic field (Mexico), p.176-193, in Subduction volcanism and tectonics of Western Mexican Volcanic Belt (Ed. by A. Ken'Ichiro), Japan-Mexico Co-operative Research.
- Delgado H., 1993. Late Cenozoic tectonics off-shore Western Mexico and its relation to the structure and volcanic activity in the Western Transmexican Volcanic Belt, Geofis. Internal, 32, p. 543-559.
- Delgado H., Urrutia F.J., Hasenaka T. and Ban M., 1995. Southwestward volcanic migration in the Western Transmexican Volcanic Belt during the last 2 Ma, Geofis. Internal, v. 34, no. 3, p. 341-352.
- Demant A., 1978. Características del Eje Neovolcánico, UNAM, Inst. Geología, Revista, v. 2, núm. 2, p.172-187.
- Demant A., 1979. Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Neovolcánico, UNAM, Revista del Inst. de Geología, v. 3, núm.1 p.39-57.
- Durán M.H.A., 1977. Estudio Geológico Minero de la Mina La Verde, Mpio. de Gabriel Zamora, Mich. Tesis Profesional UNAM, México.
- Echegoyen J., 1954. Informe Preliminar sobre los yacimientos ferríferos de El Saucito, presidio, El Guayabito y La Desconfianza, Mpio. de Tecalitlán, Jalisco.
- Ferrari L., Garduño V.H., Pasquare G. and Tibaldi A., 1994. A Widespread mafic volcanic unit at the base of the Mexican Volcanic Belt between Guadalajara and Querétaro, Geofis. Int., v. 33 (1), p.107-124.
- Gastil R.G., Krummenacher D. and Jensky II W.A., 1979. Reconnaissance Geology of West-Central Nayarit, Mexico: summary. Geol. Soc. of America bull., Part I, v. 90, p.15-18.
- Gómez R.D., 1961. Inventario de los Yacimientos Ferríferos de México, CRNNR (Consejo de Recursos Naturales No Renobables)
- González P.E. y Martínez R., 1989. Geocronología, Termomicrometría e Isotropía de Azufre y Carbono de la Brecha Cuprífera La Sorpresa, Estado de Jalisco: Revista Inst. de Geología U.N.A.M. v. 8-2.
- González P.E. y Torres R.V., 1988. Evolución tectónica de la porción centro-occidental de México y su relación con los yacimientos minerales asociados; bol. Geofísica Internacional, v. 27-4, p.543-581.
- González S., 1983. Informe Geológico Preliminar del Fundo Minero "La Purísima", Mpio. de Tecalitlán, Jalisco.
- Grajales J., 1983. Geology and potasíum-argon data of the ingeneous and metamorphic rocks in the Western portion of the guerrero Terrane, Jalisco, Colima and Michoacán state, Mexico. Proceedings of the First circum – Pacific and Circum – Atlantic Terrane Conference.
- Grajales N.M. and López I.M., 1983, Estudio Petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Tomatlán-Guerrero-Jalisco, Proyecto C-1160: Instituto Mexicano del Petróleo, Open File Report.
- Guzmán A., Pavlis T. and Serpa L., 1994. A structural analysis of Cerro Grande Region; Western boundary of the Colima Graben, Geos, v.14 (5), p.85.
- Harrison, Ch.A.G. y Johnson Ch.A., 1988. Neotectonics un Central Mexico from Landsat TM Data: Final Report, RSMAS, University of Miami, Departament of Marine Geology and Geophysics, p.127.
- Hasenaka T. and Carmichael I.S.E., 1985. A compilation of location, size and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacán - Guanajuato volcanic field, Central Mexico. Geofis. Int., v. 24-4, p.577-607.
- Hasenaka T. and Carmichael I.S.E., 1987. The cinder cones of the Michoacán-Guanajuato, central Mexico: Petrology and Chemistry, Journal of Petrology, v. 28, part 2, p.241-269.
- Hinojosa G., 1991, Informe de la visita de reconocimiento al Lote Minero "El Dragón" ubicado en el Mpio. de Manuel M. Diéguez, Jalisco.
- Imlay R. W., agosto 1944. Cretaceous Formations of Central America and Mexico, Bolletin of the AA G., v. 8.
- Jensky W.A., 1975. Reconnaissance geology and geochronology of the Bahía de Banderas Área, Nayarit and Jalisco, Mexico. Publ. M. S. Thesis, Univ. of California. Santa Barbara, p.80.
- Khöler H., Schaf P., Muller S., Emmerman R.D., Negendank J.F.W. and Obschll H.J., 1988. Geochrono - logi and geochemicl investigations on plutonic rocks from the complex of Puerto Vallarta, Sierra Madre del Sur: Geofísica Internacional, v. 27, p. 579-542.
- López G., 1978. Visita de Reconocimiento del Proyecto prospecto "Ahuijullo" (Fe), Mpio. De Tecalitlán, Jal.
- Lugo H.J., Martín del P.A.L. y Vázquez L. S., 1993. Estudio geomorfológico del Complejo Volcánico de Colima. Geofís. Int., 32, 4, p.633-641.

- Luhr J.F. and Carmichael I. S. E., 1981. The Colima Volcanic Complex, Mexico: Part II. Late-Quaternary Cinder Cones, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 76, p.127-147.
- Luhr J.F. and Carmichael, I.S.E., 1985. Contemporaneous eruptions of calc-alkaline and alkaline magmas along the volcanic front of the Mexican volcanic belt, *Geofísica Internacional*, v. 24-1, p. 203-216.
- Luhr J.F. and Carmichael I.S.E., 1982. The Colima Volcanic Complex, Mexico: Part II. Ash-and-scoria fall deposits from the upper slopes of Volcán Colima. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80, p.262-275.
- Luhr J.F. and Carmichael I.S.E., 1990. Petrological monitoring of cyclical eruptive activity at Volcán Colima, Mexico. *J. Volcanol Geotherm. Res.*, 42, p.235-260.
- Luhr J.F. and Prestegard K., 1988. Caldera formation at Volcán Colima, by a large Holocene volcanic debris avalanche. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 35, p.335-348.
- Luhr J.F., Nelson S.A. Allan J.F. and Carmichael I.S.E., 1985. Active rifting in south Western Mexico: Manifestations of an incipient eastward spreading ridge jump: *Geology*, v. 13, p. 54-57.
- Lurh J.F. and Carmichael I.S.E., 1968. "The Colima Volcanic Complex, Mexico", en: *Contributions to Mineralogy and Petrology*. No. 71, p.343-372.
- Macías J.L., Capaccioni B., Conticelli S., Giannini L., Martín M. and Rodríguez E.S. 1993. Volatile elements in alkaline and calc-alkaline rocks from the Colima Graben, Mexico; Constraints on their genesis and evolution, *Geof. Int.* v. 32, No. 4 p.575-589.
- Maldonado R.J.A., 1983. Estudio Geológico Minero de una porción de los Mpios. De El Limón, Chiquilistlán, Tapalpa, Venustiano Carranza, Tuxcacuesco y Tonaya.
- Maldonado R.J.A., 1994. Informe de la visita de reconocimiento al lote minero Piedra Bola Mpio. de Talpa, Edo de Jalisco.
- Martin del P.A.L. y Romero V. H., 1988. El Volcán de Colima: Un Estudio Sobre el Riesgo, *Litósfera*, 2, p.43-56.
- Martin del P.A.L., Barrera H.D., González P.G., Panohaya G., Aguayo A., Martínez F. y Maciel F., 1991. La Evolución de la actividad del Volcán de Colima en 1991. *Memorias. Reunión, Evolución, Geológica de México*. I. Geol. UNAM, p.97-98.
- Martin del P.A.L., 1995. (Instituto de Geofísica de la UNAM), M. Sheridan (Geology Department, S. UNY Buffalo, New York, U.S.A.), Barrera H., D. (Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara), Lugo H. J., y Vázquez S. L. (ambos del Instituto de Geografía de la UNAM): "Potential hazards from Colima Volcano, Mexico", en: *Geofísica Internacional*. v. 34. No. 4, p.363-376.
- Martin del P.A.L., Lugo L.J. and Vázquez L., 1990. Multiple debris avalanche events in Colima, Mexico. *EOS Trans., Amer. Geophys. Union*, 71, 43, p.1720.
- Martin del P.A.L., Romero V.H. y Ruiz K, R., 1987. Los flujos Piroclásticos del Volcán de Colima, Faja Volcánica Mexicana. *Geofís. Internacional.*, Colima, México, v. III, No. 26, v.2, p.291-307.
- Mc Birney Alexander R., 1990. "An historical note on the origin of calderas", en: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Ino. 42, p.303-306.
- Méndez S.A., 1979. Reconocimiento Geológico Minero al Prospecto Minero "La Minita del Tío" ubicado en el Mpio. de Pihuamo, Jal., México.
- Méndez S.A., 1982. Interpretación Geológica del Distrito Ferrero "El Encino" ubicado en el Mpio. de Pihuamo, Jal., México.
- Mendoza D.V.H., 1990. Reconstrucción Geoquímica sobre la Relación Mena-Ganga realizada en el Yacimiento de Peña Colorada Colima (I.P.N.) México.
- Merida C.A. y Velasco J., 1978. Visita de Reconocimiento Geológico Minero a los Yacimientos "San Antonio y La Palma" C.R.M.
- Merida C.A. y Velasco J., 1978. Visita de Reconocimiento Geológico Minero al Yacimiento "El Rincón" C.R.M.
- Merida C.A. y Velasco J., 1978. Visita de Reconocimiento Geológico Minero del Yacimiento "Piedra de Lumbre".
- Merida C.A. y Velasco J., 1978. Visita de Reconocimiento Geológico, Minero a los Yacimientos "Piedra Imán" y "Los Gavilanes" C.R.M.
- Miar R.R., 1966. Explotación de barita en Tepalcatepec, Mich. Tesis Profesional.
- Mooser F., 1961. Los Volcanes de Colima. *Boletín del Instituto de Geología*, 61, p.49-71.
- Moreno H.F., 1988. Estudio Foto Geológico Minero de la porción este del Estado de Colima. Tesis profesional I.P.N. México.
- Munguía R.P. y Rosales E., 1989. Estudio Geológico y Potencial de los Recursos Minerales en el Estado de Colima C.R.M.

- Muñoz A. y Torres R. V., 1984. Análisis Metalogenético Regional de la Porción Suroccidental de la República Mexicana; Tesis Ingeniero Geólogo; Facultad de Ingeniería, UNAM (inédito).
- Muñoz N.A., 1983. Estudio Geológico Minero del Área que cubre la porción SW del Estado de Michoacán y SE del Estado de Jalisco mediante Imágenes de Satélite. Tesis profesional I.P.N. México
- Nakamura K., 1977. Volcanoes as possible indicators of tectonic stress orientation - Principle and Proposal, *J. Volcanology and Geotherm. Res.*, 2, p.1-16.
- Nelson J.M., 1953. Part, 1 Geology The Cerri Nahuatl Iro. ore deposit, near Coquimatlán, Colima, Mexico.
- Nisino S.O., 1965. Explotación y Lavado de Fierro en el Mpio. de Pihuamo, Jal. Tesis Profesional U.N.A.M. México.
- Ortega G.F., Mitre S.L.M., Roldán Q.J., Aranda G.J.J., Morán Z.D., Alaniz A.S. y Nieto S.A., 1992. Texto explicativo de la 5ª edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2'000:000, (Consejo de Recursos Minerales).
- Ortega G.F., Mitre S. L. M., Alaniz A. S., Roldán Q. J., Aranda G. J. J., Nieto S. A. F. and Morán Z. D., 1991. Geologic Provinces of Mexico, a New proposal and bases for their modern definition: in Rubinovich-Kogan R. y Carreño A.L. (eds.) mem. Convención sobre la Evolución Geológica de México, Inst. de Geol. U.N.A.M. Mex.
- Ortíz S.G., 1944. La Zona Volcánica "Colima" del Estado de Jalisco: Guadalajara, Universidad de Guadalajara, Instituto de Geografía, p.44 y 1 mapa.
- Oviedo P.A., 1981. Geología de la Porción Sur-Central de la Cuenca Jalisco-Colima, estados de Michoacán y Jalisco. Tesis Profesional. I.P.N. México.
- Pacheco A. y Gallo I., 1978. Estudio Geológico del Área Central y Occidente del Estado de Michoacan, Prospecto Coalcoman-Colima.
- Pacheco J.F., Valdes G.H.C., Delgado S.K., Singh F.R., Zuñiga C.A., Mortera G.M.A. Santoyo J. D. and Barrón R., 1999. Tectonic implications of the earthquake swarm of 1997 in the Michoacan Triangle, Mexico, *Journal of South America Earth Sciences*, v. 12, p.567-577.
- Páez J.V. y Pantoja A.J., 1990. Estudio Geomorfológico de la Región de Tamazula de Gordiano, Estado de Jalisco: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Reunión Nacional de Geomorfología 2, p.20-21 resumen.
- Pano .A.A., 1975. Informe Geológico final Zona Poza Rica No. 124 "Prospecto Pihuamo "PEMEX".
- Pantoja A.J. y Estrada B.S., 1986. Estratigrafía de los alrededores de la Mina de Fierro de El Encino, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 47, p.1-15.
- Pantoja A.J., 1983. Geocronometría del magmatismo Cretácico-Terciario de la Sierra Madre del Sur, *Bol. Soc. Geolo. Mex.* Tomo XLIV, No. 1, p.1-20.
- Pardo M. and Suárez G., 1993. Steep subduction geometry of the Rivera Plate beneath the Jalisco Block in Western Mexico, *Geophys. Res. Lett.*, 20, p.2391-2394.
- Parga M.J.A. 1977. Informe geológico final, Prospecto Tecoman-Colima: Petróleos Mexicanos IGPR 1-14, (inédito)
- Pimentel R.A., 1980. Prospecto Soyatlán de Adentro, IGPR-191, PEMEX, Inédito. Porción SW del Estado de Michoacán y SE del Estado de Jalisco Mediante Imágenes de Satélite. Tesis Profesional México.
- Ramírez M.I., 1981. Estudio Geológico Petrolero de una Área Porciones Colindantes del sureste de Jalisco y noreste de Colima, I.P.N. México.
- Razo R.R., 1986. Estudio Estratigráfico-Sedimentológico de la Porción Central de la Cuenca de Jalisco-Colima. Tesis Profesional México.
- Riva P.R.Ch. y García C.M.A., 1990. Geología Regional de la Parte Central - Sur de los estados de Colima y Michoacán, apoyo a los estudios del Proyecto Termoeléctrico Colima, México, Convención Geológica Nacional 10ª. resumen.
- Robin C., Komorowski J.Ch., Boudal Ch. y Mossand P., 1990. "Mixed-magma pyroclastic surge deposits associated With débris avalanche deposits at Colima volcanoes, Mexico", en: *Bulletin of Volcanology*. No. 52. , p.391-403.
- Robin C., Camus G. y Gourgau A., 1991. Eruptive and Magmatic cycles at Fuego de Colima (Mexico). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 45, p.209-225.
- Robin C., Mossand P., Camus G. Cantagrell J.M., Gourgau A. and Vicent P.M., 1987. Eruptive history of the Colima Volcanic Complex (Mexico): *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 31, p.99-113.
- Rodríguez A.V.G., 1960. Estudio Geológico regional; de la zona ferrífera de Pihuamo, Jal. Tesis Profesional UNAM. México.

- Rodríguez E., 1995. "Estratigrafía y estructura del Volcán Colima, México", *Revista Mexicana de Ciencias geológicas*. v. 12. Núm. 1.
- Rodríguez E.S., Siebe C., Komorowski J. Espindola J.M. and Saucedo R., 1991. Field observations of pristine block-and-flow deposits emplaced April 16-17 1991 at Volcán de Colima, Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 48, 399-412.
- Rodríguez F.D., 1980. Prospecto Tecalitlán: Petróleos Mexicanos IGPR p.237, (inédito)
- Romero M.S., 1961. Análisis Geológico de la zona de Coquimatlán, Colima y levantamiento magnetométrico del Cerro Nahuatl. Tesis profesional I.P.N. México.
- Romero M.V.H. y Martín del P.A.L., 1986. "Evolución Geológica de la caldera del Volcán de Colima, México". Resúmenes de la VIII Convención Geológica Nacional.
- Romero V.H. y Martín del P.A.L., 1988, El Origen de la Caldera del Volcán Colima. *Litosfera*, 2, p.25-42.
- Romo R.J., 1992. Estudio Geológico Minero Regional de la Zona Ahuijulco Áreas Las Agujita y La Codiciada, Mpio. de Jilotlán de los Dolores, Jalisco, C.R.M.
- Romo R.J., 1992. La Inmaculada; Área Sierra del Alo-Las Animas: Zona Ahuijulco, C.R.M.
- Romo R.J., 1996. Estudio Geológico Minero, Regional de la Zona Ahuijulco Área Tandiguan, Mpio. De Jilotlan de los Dolores, Edo. de Jalisco, C.R.M.
- Romo R.J., Rosales E. y González J., 1994. Informe Final Geológico Minero del prospecto La Higuera, Mpio. De Tuxpán, Jalisco, C.R.M.
- Rosas E.J., Ferrari L., Garduño V.H. and Urrutia F.J., 1996. The continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Neogene kinematics of western Mexico. *Geology*, v. 24, p.921-924.
- Rosas E.J., et al., 1997. Stratigraphy and Tectonics of the Guadalajara Region and Triple-Junction área, Western Mexico; *Internationaal Geology Riview*, vol. 39, p 125-140.
- Salas G.P., 1975. Cartas y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana; publicación 21 E, Consejo de Recursos Minerales.
- Salazar M.S., 1983. Estratigrafía y Tectónica del Área Manzanillo-Colima-Las Encinas, en el Estado de Jalisco; mem. XV A.I.M.M.G.M. exc. núm. 1.
- Sandoval S.H., 1981. Estudio Geológico Minero Proyecto "Santa Maaría del Oro" ubicado en el Mpio. de Manuel M. Dieguez.
- Schaaf P., Moran Z.D., Bernal H., Solis P.M., Tolson G. and Kohler H., 1995. Paleogene Continental Margin Truncation in Southwestern Mexico, Geochronological Evidence: *Tectonics*, 14, p.1339-1350.
- Serpa L., Smith S., Katz C., Skidmore Ch., Sloan R. and Pavlis T., 1991. A Geophysical Investigation of the Southern Jalisco Block in the State of Colima, Mexico, *Geofís. Internal.*, v. 31, 4, p.475-493.
- Serpa L.A., 1992. Geophysical Investigation of the southern Jalisco Block in the State of Colima, Mexico. Stanchy Smith – Geofísica Internacional.
- Siebert L., 1984. "Large Volcanic Debris Avalanches: Characteristics of Source Min. Deposits, and Associated Eruptions", en: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Num. 22, p.163-197.
- Skidmore Ch., 1988. A Geophysical and Tectonic Study of The Colima Graben, Mexico: Nueva Orleans, University of New Orleans, Tesis de Maestría, p.89 (inédita).
- Starr F., 1983. The Recent Eruptions of Colima. *J. Geol.* v. 11, p.749.
- Stock J., 1992. Tectónica de Placas y Evolución Geológica del bloque Jalisco. *Geos, Bol. Unión Geofis. Mex.* v. 12 No. 5, resumen reunión Nov.
- Stoopes G.R. and Sheridan F.M., 1988. "Hazards Related to Giant Volcanic Debris Avalanches From Volcán de Colima y Nevado de Colima, Mexico". Universidad de Colima. Segunda Reunión Nacional "Volcán de Colima", 1ra. Reunión Internacional de Volcanología, p.15-16, resumen.
- Stoopes G.R. and Sheridan F.M., 1992. "Giant Débris Avalanches From The Colima Volcanic Complex, Mexico: Implications for Long Runout Landslides (>100 Km) and Hazard Assessment", en: *Geology*. v. 20. p.299-302.
- Suarez G., Garcia A.V. and Gaulon R., 1994. Active crustal deformation in the Jalisco block, Mexico: evidence for a great historical earthquake in the 16th century. *Tectonophysics*, 234, p.117-127.
- Thorpe R.S., Gibson I.L. and Vizcaino J., 1997. Andesitic Pyroclastic Flows From Volcan Colima. *Nature*, num. 265, p.724-725.
- Torres R.E., 1983. Explotación del Yacimiento de Peña II, Tadahide: "Volcanic Dry Avalanche Deposits- Identification and Comparison With Nonvolcanic Debris Strea Deposits", en *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, num. 18, p.135-150.
- United Nations 1969. Survey of Metallic Mineral Deposits in Mexico: Geological Survey Map of part of Jalisco and Colima, Mexico. Zone 3.

- Urrutia F.J. and Flores R.J.H., 1996. Bouguer Gravity Anomalies and Regional Crustal Structure in Central Mexico, *International Geology Review*, v. 38, p.176-194.
- Urrutia F.J. and Molina R.S., 1992. Gravity modelling of regional crustal and upper mantle structure of the Guerrero Terrane Colima graben and southern Sierra Madre Occidental, Western Mexico. *Geofísica Internacional*.
- Urrutia F.J. y Del Castillo G.L., 1979. Un Modelo del Eje Neovolcánico Mexicano: *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 38, p.18-28.
- Vargas H.A., 1984. Posibilidades Petrolíferas de los Sedimentos del Cretácico Inferior y Medio de la Cuenca Jalisco-Colima Politécnico México.
- Velázquez S.E., 1990. "Estudio Geológico Minero Regional de la Zona Ahuijulio, Área Colomito Piedra Imán".
- Velázquez S.E., 1992. Estudio Geológico Minero Regional de la Zona Ahuijulio Área "El Conejo" Mpio. de Tepacaltepec, Michoacán.
- Velázquez S.E. y Rosales E., 1992. Estudio Geológico Minero a Semidetalle de los prospectos los Guajes y El Algodón, Área Colomito, Piedra Imán, Mpio. de Tecalitlán, Jalisco.
- Venegas S. S., Herrera F. J. J., y Maciel F. R., 1985. Algunas Características de la Faja Volcánica Mexicana y de sus Recursos Geotérmicos, *Rev. Geofís. Int.*, v. especial sobre el Cinturón Volcánico Mexicano, parte 1 (ed. S.P. Verma), v. 24-1 y *Geofísica Internacional* v. 24-1, p.4777-4781.
- Zárate Del V.P.F. y Barrera H.D., 1991. El Fenómeno de Dolomitización de la Cuenca Colima-Jalisco y sus implicaciones en La Exploración Geológico-Minera: mem. XIX Convención Nacional A.I.M.M.G.M. A. C. México.