

2ej: 8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA
"LA CIENEGA", MUNICIPIO DE GUACHINANGO, JAL.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
MIGUEL ANGEL FRIAS GONZALEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

RESUMEN	PAGINA
1.- INTRODUCCION -----	1
1.1 Antecedentes -----	1
1.2 Objetivo del trabajo -----	2
1.3 Método de trabajo -----	2
1.4 Trabajos previos -----	3
2.- GENERALIDADES -----	5
2.1 Localización y extensión del área -----	5
2.2 Vías de acceso y comunicación-----	5
3.- FISIOGRAFIA -----	9
3.1 Provincia fisiográfica-----	9
3.2 Geomorfología -----	9
3.3 Hidrografía-----	11
4.- GEOLOGIA	
4.1 Estratigrafía-----	14
4.1.1 Secuencia litológica -----	14
4.2 Tectónica-----	25
4.2.1 Posibles implicaciones de la tectónica de- placas-----	25
4.2.2 Secuencias de eventos-----	28
4.3 Geología estructural-----	37
4.4 Geología histórica -----	44
5.- YACIMIENTOS MINERALES-----	49
5.1 Aspectos generales de la geoquímica del sistema hidrotermal de baja temperatura, relacionado al empiazamiento del oro -----	49

5.1.1	Introducción -----	49
5.1.2	Geoquímica del Sistema Hidrotermal de Baja Temperatura -----	49
5.2	Situación metalogenética regional del área -----	64
5.2.1	Franja aurífera-argentífera-----	64
5.3	Comparaciones regionales con otras áreas minera- lizadas -----	70
5.4	Rocas encajonantes -----	74
5.5	Estructuras mineralizadas -----	74
5.6	Alteraciones hidrotermales-----	78
5.7	Paragénesis, sucesión e ideas acerca del zonea- miento-----	84
5.8	Análisis de la distribución de yacimientos y proy- ectos en el área de La Ciénega-----	92
5.8.1	Barqueño-----	92
5.8.2	Comparación con el Distrito Minero del Bar- queño-----	95
5.9	Discusión genética-----	95
5.10	Posibilidades económico-minero-----	98

b.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

RESUMEN

El área de estudio "La Ciénega" se ubica dentro las coordenadas geográficas 20°39'50" - 20°43'10" de latitud norte y 104°27'42" - 104°33'55" de longitud oeste.

El estudio se apoyó en fotogeología y en una interpretación de percepción remota (lineamientos exclusivamente), donde se vació toda la información en un plano topográfico escala 1:10,000 elaborándose al mismo tiempo -- secciones geológicas. La interpretación se complementó con datos de campo.

Asimismo, se elaboró una columna estratigráfica local, la cual está representada en su totalidad por rocas intrusivas en forma de apófisis y diques; las unidades de la columna definida de la más antigua a la más reciente son: andesita, toba andesítica, cuerpos intrusivos (granodiorita y diorita), aglomerado andesítico, basalto y aluvión.

El control estructural de la mineralización lo constituyen fracturas y fallas de tipo normal que definen sistemas de orientación preferencial que son NW-SE y NE-SW. Se reconoció otro sistema de fallamiento E-W/38° al norte. Dentro de los rasgos más importantes que se observan en el área, es el río - Atenguillo con una orientación preferencial NW-SE.

Las alteraciones hidrotermales reconocidas en vetas son cloritización, argilización, caolinización, silicificación y propilitización.

La paragénesis está representada por galena con inclusiones de argenta y tetraedrita argentífera; en un cristal de piritita incluido en cuarzo, se determinaron varios sectores de oro con bajo contenido de plata (asociación de minerales de Au y Ag hace que resulte interesante), en una ganga se presenta cuarzo, adularia, calcita, clorita, hematita, limonita, malaquita, epidota y sericita. Las texturas más frecuentes son las de relleno de fisura, relleno de brechas y stockwork.

I. INTRODUCCION

I.1 Antecedentes

Las zonas mineras de San Sebastián del Oeste, Los Reyes, Ameca y Guachinango, Jal., fueron descubiertas en el siglo pasado; de 1840 a - - 1879 en estas zonas se iniciaron trabajos a pequeña escala y con paros - esporádicos. De 1880 a 1903 aumentó la producción y como consecuencia la cantidad de personas a vecinadas. En estos años el mineral (plata princi palmente) se seleccionaba, para posteriormente ser transportada en bes-- tias hasta la estación San Marcos situada entre Etzatlán y Oconahua en - los Estados de Jalisco y Nayarit.

Para los años de 1904-1906 se utilizó el agua como fuerza motriz- para mover los morteros y molinos a fin de beneficiar el mineral. Así - pues, se instalaron molinos en La Victoria (distrito minero Los Reyes) y La Quitéria (distrito minero San Sebastián con lo cual aumentó la produc- ción, el sueldo de los trabajadores y se recuperaron concentrados que se transportaban a las estaciones San Marcos y Ameca; hasta el año de 1909- todos los negocios estaban en bonanza.

En el año de 1910, al principio de la Revolución Mexicana comen- zaron las dificultades para los grandes capitales extranjeros, abandonan- do los trabajos en 1911.

De 1913 a 1921 existió un pequeño resurgimiento en la minería de La Quitéria (distrito de San Sebastián); quedó abandonada en 1921. El - distrito minero de Navidad fue descubierto a principios del siglo (1902); se trabajó a pequeña escala en forma intermitente hasta el año de 1946,- año en que se paralizó el distrito.

El primer denuncia legal para concesión minera por parte del Con- sejo de Recursos Minerales se realizó en 1981 con el nombre de "El Bar- queño". A partir de esa fecha se programaron trabajos de exploración -- geológica-minera para la localización de yacimientos minerales de rendi- miento económico.

Para 1983, el Consejo de Recursos Minerales realizó trabajos de prospección geológica con la finalidad de localizar nuevos indicios de mineralización.

1.2 Objetivo del trabajo

El objetivo fundamental del presente estudio consiste en conocer las características geológicas del prospecto "La Ciénega", a fin de establecer - criterios correlativos para la prospección de yacimientos de Au-Ag en la región comprendida entre Ameca y San Sebastián del Oeste, Jal.

En los últimos años el estudio de la geoquímica del sistema hidrotermal de baja temperatura de depósitos de oro, ha cobrado gran interés, ya que representa una herramienta suplementaria muy importante a la disposición del geólogo, para comprender mejor el origen de la distribución espacial de los metales preciosos en sistemas de filones. Se analizan algunas relaciones -- teóricas, al área en cuestión.

1.3 Método de trabajo

Inicialmente, el trabajo se planeó para desarrollar la prospección geológica-minera a semidetalle. El trabajo se inició con recopilación bibliográfica sobre las características geológicas y geoquímicas de yacimientos de Au y Ag, así como el estudio de procedimientos para su exploración. Posteriormente se recopiló toda la información existente sobre el área de trabajo, la cual consistió en informes geológicos, trabajos realizados a nivel de reconocimiento, planos geológicos y topográficos superficiales; además, se elaboró un plano fotogeológico preliminar a escala 1:25,000.

A continuación se realizó el trabajo de campo que consistió en el mapeo de las unidades litológicas, reconocimiento del comportamiento estructural de las rocas, cartografía de zonas de alteración y estructuras mineralizadas que pudieran servir como guía para la prospección y localización de yacimientos minerales, en este caso para minerales de Au y Ag.

Se localizaron y ubicaron todas las estructuras mineralizadas que --

afloran en el área con base en los resultados de análisis químico cuantitativo de las muestras; se seleccionaron las estructuras más interesantes de acuerdo con sus leyes y también con la magnitud y las características físicas de las vetas.

Asimismo, se hicieron rectificaciones al plano fotogeológico mediante caminamientos por los arroyos y veredas; se marcaron los rasgos geológicos más sobresalientes como son contactos litológicos, fallas, fracturas, zonas de alteración, estructuras mineralizadas, así como la clasificación-megascópica de las rocas aflorantes en el área.

Los trabajos que se realizaron sobre las estructuras localizadas, consistieron en un muestreo sistemático sobre zanjas, con el objeto de definir la continuidad y potencia de filones, así como la de muestras frescas.

Finalmente, dentro de la etapa del trabajo de gabinete se procedió a la integración de toda la información obtenida a un plano topográfico a escala 1:10,000 con curvas de nivel cada 50 mts, obteniéndose un plano geológico-minero del área con sus respectivas secciones. También se elaboraron planos geológicos-topográficos y secciones de las estructuras a escala 1:1000 y 1:500.

Asimismo, se hicieron estudios petrográficos con el fin de precisar la estratigrafía local y estudios de microsonda electrónica de las muestras colectadas para estudios paragenéticos.

Por último, se llevó a cabo la integración, análisis e interpretación de los datos recabados en las etapas precedentes.

1.4 Trabajos previos

En lo que respecta a trabajos geológicos regionales, no existen estudios que describan la geología de la región estudiada, sino que se han hecho publicaciones sobre zonas de la parte Norte principalmente; no obstante, existen cartas geológicas de la Dirección General de Geografía antes (DETENAL) a diferentes escalas con unidades litológicas generalizadas.

Entre los estudios más relevantes se tiene el de Ordoñez (1916), - que estudia el distrito minero de Hostotipaquillo y el de Barrera (1931), - sobre la zona, entre los ríos Grande de Santiago y Ameca.

Demant (1978, 1979, 1981) describió primero las características del Eje Neovolcánico a nivel regional y posteriormente estudió con mayor detalle, la parte occidental del mismo, cuya porción comprende el área de estudio.

Damon, Nieto y Delgado (1979, 1981) estudiaron la tectónica del Terciario Superior y analizaron las unidades volcánicas de la región del río Grande de Santiago.

El Consejo de Recursos Minerales anteriormente (C.R.N.N.R.) efectuó un estudio sobre manganeso en las localidades de Atenguillo, Autlán y Los Volcanes, Jal. (Echegoyén y Almanza, 1958); otro en el área de Cinco Minas, Jal. (Ojeda y Mapes, 1963). Asimismo, desarrolló un estudio en vetas de Au, Ag en el Estado de Nayarit (Pineda y Aguilar, 1974) y varios otros de carácter local en minas de la región en los estados de Jalisco y Nayarit.

El aspecto petrológico y geocronológico ha sido tratado por Watkins y colaboradores (1971) en una zona al W de Guadalajara. Gastil y colaboradores (1972) en su estudio sobre Nayarit, cubrieron algunas zonas del área de este trabajo, sirviendo además para fines de correlación.

El distrito minero de San Martín de Bolaños está situado al noroeste de Guadalajara, aproximadamente a 190 km. Este yacimiento ha sido estudiado por Scheubel (1982, 1983).

Por último, existe un informe de actividades geológico-minero durante los años de 1983-1984 en el Proyecto Asignaciones Jalisco (C.R.M. Archivo Interno G.E.E.).

C. GENERALIDADES

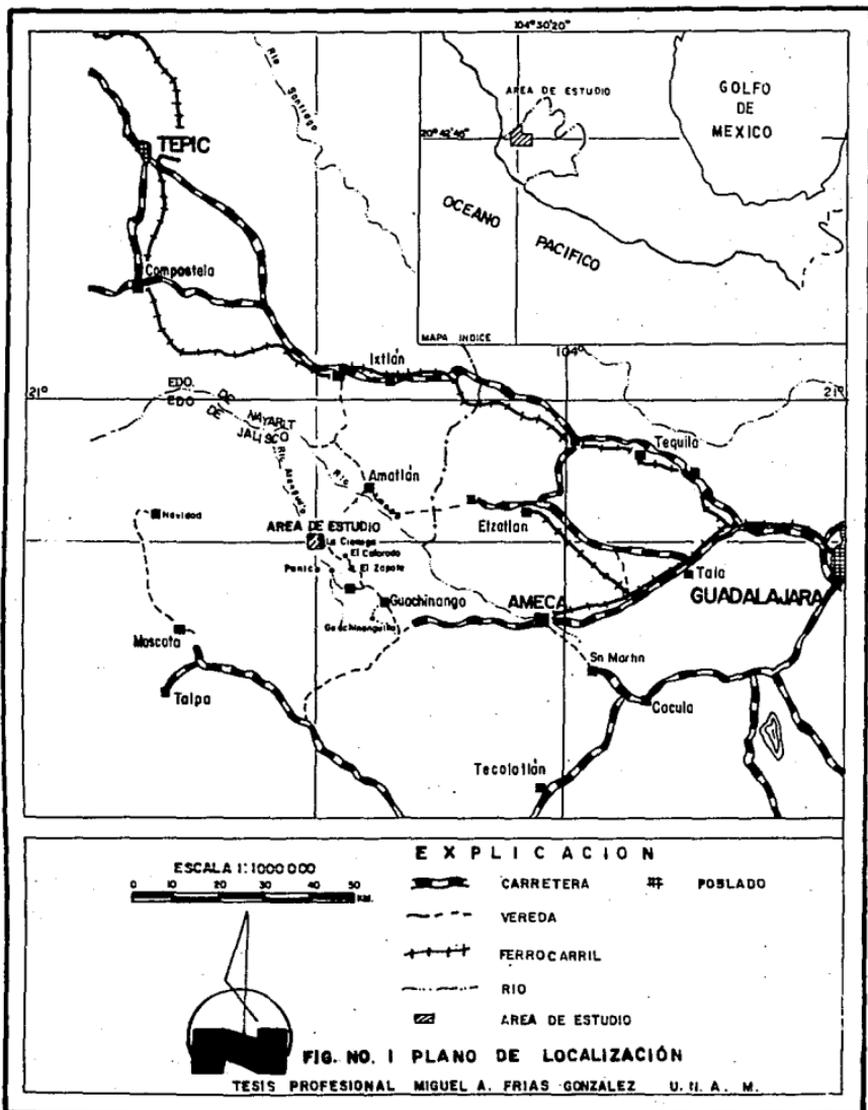
II.1 Localización y extensión del área

El área de estudio se encuentra localizada en la porción noroccidental del Estado de Jalisco, en el Municipio de Guachinango, Jal. (Figura 11.1), específicamente en el área "La Ciénega" que comprende una extensión aproximada de 25 km². (Foto No. 1).

Geográficamente, queda comprendida entre los paralelos: 20°41' latitud norte y 104°31' longitud oeste de Greenwich.

II.2 Vías de acceso y comunicación

El acceso al área de estudio es por la carretera federal No. 15 en donde a la altura del kilómetro 10 se toma la desviación a la carretera - - No. 70 hasta la ciudad de Ameca (83 km). Continúa por la carretera Ameca--Mascota, en el poblado de Guachinango se toma un camino de brecha, el cual - cubre un trayecto de 20 km hasta el poblado de "La Ciénega". (Figura N° 1). Pasa por las rancherías de El Zapote, El Mortero y El Colorado.



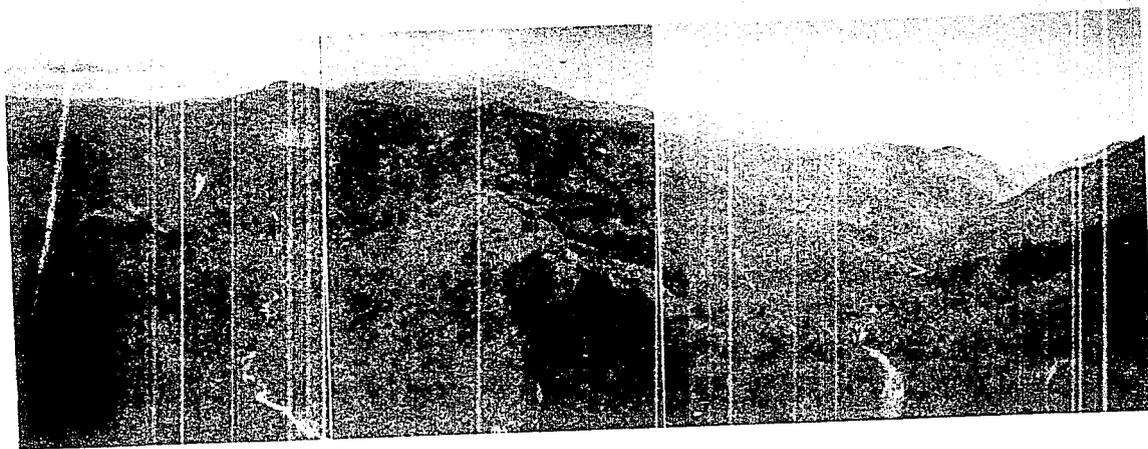


Foto NO. 1 Vista panoramica general del area de estudio



Foto No. 2 Panorámica del área de estudio, donde se observa el cerro La Ciénega y en el fondo el río Atenguillo

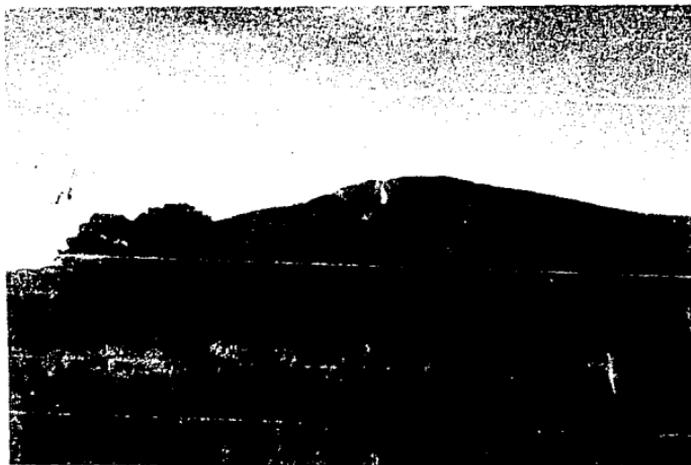


Foto No. 3 Panorámica del cerro La Ciénega, tomada del poblado del mismo nombre

3. FISIOGRAFIA

3.1 Provincia Fisiográfica

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano (fosas tectónicas), según E. Raisz (1964). Esta provincia se extiende desde San Blas, Mayarit en las costas del Océano Pacífico hasta Los Tuxtlas, Ver y está limitada al norte por la Mesa Central, al sur con la Sierra Madre del Sur, la cuenca Morelos y la de Tlaxiaco, al este con la vertiente del Golfo al oeste con la Meseta Norte. Este rasgo comprende una estructura de 10 a 150 km de ancho y de aproximadamente 1000 km de longitud que presenta una orientación general E-W; se sitúa aproximadamente entre los paralelos 19 y 21°N. (Fig.No.2).

El Eje Neovolcánico consiste en una franja volcánica que posee una edad que va desde el Plioceno Tardío al Reciente (Demant 1978, 1981; Silva Mora 1978, 1979; Thorpe 1977; Robin 1982 a 1985). En tanto que para otros autores, los productos atribuidos al Eje Neovolcánico han sido emitidos desde el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano hasta el Reciente (Mooser, 1969, 1972; Gunn y Mooser, 1970; Negendak, 1972, 1973; Bloomfield 1975, Verma et al., 1985). Su terminación occidental se caracteriza por la presencia de dos fosas tectónicas, la de Tepic-Chapala, orientada NW-SE y la de Colima, orientada NW-SE. Ambas se unen en la región ubicada al sur de la ciudad de Guadalajara, donde una sucesión de lagunas constituye el testigo de esta tectónica de estilo distensivo.

3.2 Geomorfología

La geomorfología del área se caracteriza por un relieve conformando por acumulaciones volcánicas y cuerpos intrusivos, afectadas actualmente por una fuente de disección fluvial, que se manifiesta por una alta concentración de talwegs y un corte vertical de 300-450 mts, formado por el río Atenguillo y algunos de sus afluentes.

El río Atenguillo es un típico río montañoso que ha causado una garganta profunda y estrecha, con orientación irregular que cambia en forma continua; sigue el contorno de las estructuras desarrolladas en lavas volcánicas y rocas intrusivas. Visto en plano, forma algunos meandros fijos que como ya se indicó, están básicamente controlados por las estructuras. (Foto No. 2).

La expresión orográfica de mayor altura que constituye la zona de estudio es el cerro La Ciénega (2080 m.s.n.m.) y los que se localizan a sus alrededores son el cerro La Verdosilla (1820 m.s.n.m.), el cerro Tío Cleto (1450 m.s.n.m.) y el cerro El Barqueño (1750 m.s.n.m.)

Todas estas expresiones constituyen la sierra denominada Las Palmas, la cual presenta orientación preferencial NW-SE. En una disposición semiparalela se encuentra la Sierra Jolalpa, cuya máxima altura se encuentra en el Cerro Espíritu Santo con 2660 m.s.n.m.; tanto la Sierra Jolalpa como la Sierra Las Palmas están intersectadas por la Sierra El Comalito; la cual muestra una orientación NE-SW.

3.3 Hidrografía

Es sabido que las corrientes superficiales encuentran su desarrollo en las zonas de menos resistencia a los procesos erosivos. Este hecho en la región que comprende el presente trabajo, se manifiesta claramente, en las rocas volcánicas andesíticas.

La corriente de mayor importancia es la del río Atenguillo que corre de sur a norte con tendencia general NW-SE uniéndose con el río Ameza y desemboca en el Océano Pacífico. Este río presenta una disposición semiparalela debido a que su cauce está regido por la presencia de una falla regional que afecta al área.

Dentro de la zona existen drenajes de tipo dendrítico, subdendrítico, paralelo y radial (Cerro La Ciénega), este último debido a los sistemas de fracturamiento y falla (Fig. No. 3).

El río Atenguillo es una corriente permanente que provoca una mayor erosión sobre la superficie y por lo tanto una mayor profundidad.

Los valles simétricos cortan rocas de igual composición y están labrados en rocas andesíticas. Los valles asimétricos se forman cuando la erosión corta roca de diferente composición; ésto es observable en el contacto de cuerpo intrusivo con andesitas y en el contacto de las mesetas basálticas y las rocas andesíticas.

Los principales arroyos que se localizan en el área son Los Bueyes, La Calera, La Verdura y La Ciénega (Fig. No. 3).

4. GEOLOGIA

4.1 Estratigrafía

La columna litológica se estableció con base en las observaciones de campo y en los estudios petrográficos; se precisó la estratigrafía local.

Debido a que en el área de estudio no existen dataciones radiométricas no se puede establecer una columna estratigráfica con edades precisas; sin embargo, se extrapolaron datos sobre áreas adyacentes (ver Cap. IV). Cabe reiterar que Demant y Robin C. (1975), consideran que la historia geológica del Eje Neovolcánico, comprende del Eoceno al Cuaternario - aunque otros la incluyen a partir del Oligoceno (Mooser F. 1970).

Dentro del área de estudio no afloran las unidades litológicas que podrían infrayacer a las rocas extrusivas de composición andesítica debido al gran espesor que éstas muestran. El C.R.M. programó algunos barrenos hasta 700 m en el Distrito El Barqueño sin atravesar otro tipo de roca; - sin embargo, hacia la parte suroccidental en el área de Talpa de Allende, Jal., aflora una secuencia volcanosedimentaria compuesta por margas, lutitas, areniscas, dacitas, andesitas y lavas basálticas (C.R.M. III Convenio México-Japón 1984 trabajo interno), las cuales se podrían considerar como rocas subyacentes.

A las rocas intrusivas se les infiere una edad posterior al último evento del depósito Terciario (paquete piroclástico andesítico) y anterior al primer evento de extravasación de basaltos cuaternarios.

En la (Fig. 5) que muestra la columna geológica del área indicándose la edad relativa de las unidades.

4.1.1 Secuencia litológica

Las rocas expuestas en el área estudiada constituyen una columna en la cual se encuentran presentes rocas ígneas extrusivas (lávicas y pi

roclásticas) de composición andesítico-basáltico. Esta secuencia se halla intrusionada por rocas intrusivas de composición granodiorítica a diorítica.

A continuación se describe cada unidad de la más antigua a la más reciente.

Andesita.- Es la roca que presenta mayor distribución a la zona, aflora en la porción central del área de estudio, sobre el cauce del río Atenguillo que cruza de sur a norte, gran parte del arroyo Los Bueyes y en el arroyo La Ciénega.

Esta roca presenta una coloración de verdoso a gris oscuro que -intemperiza a tonos amarillentos y muestra normalmente una estructura compacta y una textura afanítica. También se observa una ligera fluidez, esporádicamente se llega a observar clorita.

Al microscopio se observa una textura inequigranular microlítica a porfirítica en una matriz hialopilitica alterada, constituida por un agregado de finos microlitos de oligoclasa con alteración parcial a minerales arcillosos y reemplazamiento por epidota y clorita.

Los microlitos están incluidos en una matriz alterada, integrada por cuarzo microcristalino y parches de clorita-epidota.

Diseminados en la matriz se observan fantasmas de ferromagnesianos (posiblemente pertenecientes al grupo del piroxeno) reemplazados por un agregado de epidota, pennina, cuarzo, magnetita y actinolita. Como accesorio común se tienen fantasmas de ferromagnesianos (piroxenos alterados a clorita, calcita, epidota y limonita).

La apatita ocurre en microcristales euedrales y subedrales incluidos en las plagioclasas.

La pirita se presenta en cristales finos euedrales y subedrales de sección cúbica, parcialmente reemplazados por limonita.

La roca se clasificó como una andesita porfirítica de piroxeno con alteración propilitica, de origen ígneo extrusivo y afectada por soluciones hidrotermales. (Foto No. 8).

El espesor de esta unidad es desconocido, en trabajos de barrenación se han atravesado a más de 800 mts.

La andesita ha sido la más susceptible al fracturamiento y muestra una orientación preferencial de NE55°- 70°SW y NW22°- 33°SE, ésto es debido a su baja competencia con respecto a las otras unidades litológicas. La propilitización incipiente a intermedia es la alteración más extendida, ya que es un fenómeno regional que afecta principalmente a esta unidad.

Toba andesítica.- Aflora en la porción centro y sur del área de estudio, en donde constituyen la roca encajonante de algunas de las vetas -- (v.g. Caty y Vicky).

Estas rocas típicamente presentan fragmentos líticos en un 40% (de 32 a 4 mm). Megascópicamente se les observa mucha variedad de líticos verdosos, café y rojizos y en menor abundancia líticos con tonalidades de gris claro a amarillo ocre. La matriz presenta un color gris verdoso.

La estructura que exhibe esta roca no es muy compacta debido a que se encuentra en una zona de alteración y la textura que presenta es piroclástica.

Al microscopio se observa que muchos de los líticos están claramente definidos, otros parcial y casi totalmente asimilados (bordes difusos y no definidos respectivamente).

Los fragmentos líticos verdosos consisten, generalmente de cristales de plagioclasas intermedias (oligoclasa-andesina) y en menor cantidad ortoclasa.

Como accesorio común se tienen fragmentos de roca y pseudomorfos -

de biotita alterada sobre una matriz cloritizada, la matriz de los fragmentos de roca se halla hematizada y propilitización incipiente.

La alteración predominante es la caolinización, la cual es el producto de alteración de los feldspatos afectados por hidrotermalismo. Se observaron otras alteraciones de menor importancia como son: propilitización, oxidación y silicificación.

La roca se clasificó como una toba andesítica, en la cual su principal constituyente son plagioclasas intermedias.

El espesor de esta unidad es variable, en el área de estudio se ha considerado un promedio de 200 mts.

El fracturamiento con orientación preferencial es NE-SW.

El aglomerado andesítico descansa concordantemente sobre la toba andesítica.

Aglomerado andesítico. - El aglomerado andesítico aflora en la parte central del área de estudio, sobre el río Atenguillo; en ese lugar --- constituye la roca encajonante de algunas estructuras mineralizadas en forma de vetas como son: Veta Laura y Veta Venados. (Plano No. 1).

La unidad está constituida principalmente por clastos redondeados a subredondeados de andesita, que varían en su textura de afanítica a porfirítica; se observa una textura fluidal en algunos de ellos. Los líticos varían de tamaño, 5 a 15 cm de diámetro, ocasionalmente algunos llegan a tener hasta 40 cm.

Estos están incluidos en una matriz tobácea de composición andesítica. (Foto No. 7).

Al microscopio se observa una cantidad mayor de plagioclasas intermedias (oligoclasa-andesina) y en menor cantidad feldespato potásico (sanidino) alterado.

Como accesorio se observaron fragmentos de roca andesítica alterada y algunos fantasmas de ferromagnesianos no bien definidos, sobre una matriz tobácea cloritizada.

La alteración predominante es la caolinización producto del hidrotermalismo y las de menor importancia son silicificación, propilitización y oxidación.

La rocas se clasificó como un aglomerado andesítico.

El espesor de esta unidad es variable. En el área de estudio se ha considerado un promedio de 200 mts.

El fracturamiento con orientación preferencial es NE-SW y el aglomerado andesítico descansa concordantemente sobre la toba andesítica.

Roca ígnea intrusiva.- Esta roca intrusionó al paquete andesítico, que ya se describió anteriormente hasta una pequeña porción del aglomerado andesítico (ver tabla estratigráfica N° 5).

Las rocas ígneas intrusivas que afloran en el área de estudio algunas están representadas por una serie de pequeños cuerpos irregulares en forma de "stock" de granodiorita como el que se localiza al sur del ejido de Los Bayos, y que presentan facies subvolcánicas graduando desde granodiorita hasta un pórfido diorítico (ver tabla petrográfica). Todas ellas se encuentran intrusionando a la secuencia volcánica andesítica.

el mapeo detallado del área, fue necesario para determinar los contactos entre los cuerpos intrusivos y las demás unidades litológicas que fue efectuado, con la finalidad de ver la relación que guardan las rocas intrusivas y la roca encajonante donde las rocas del paquete andesítico actúan como roca huésped de la mineralización y constituye masas

irregulares de dimensiones variables.

Presenta una textura holocristalina, hipidiomórfica de grano medio, en ocasiones remanente debido a la alteración hidrotermal. Están constituidas por cristales subhedrales de oligoclasa-andesina, los cuales se observan parcialmente alterados a sericita y minerales arcillosos.

En ocasiones se observan microclina constituyendo pertita. La proporción relativa de las plagioclasas con el feldespato potásico es variable comprendiendo granodiorita y pórfidos dioríticos.

El cuarzo ocurre en cristales anedrales relleno intersticios entre el agregado feldespático o intercrecido con ortoclasa formando mirmequitas.

La augita es el accesorio más común, se presenta en cristales prismáticos cortos conteniendo ocasionalmente inclusiones de apatita.

La biotita se presenta en cristales tabulares parcialmente reemplazados por pennina, magnetita y escasa limonita.

La apatita comúnmente se observa formando inclusiones aciculares en las plagioclasas.

El circón ocurre formando finas inclusiones en las plagioclasas y cuarzo.

La turmalina se presenta en su variedad chorlo formando cristales irregulares a partir de las plagioclasas, comúnmente presenta inclusiones de apatita.

La roca se clasificó como granodiorita de augita-biotita con ciertas variaciones a pórfido diorítico y/o microdiorita de augita alterada de origen ígneo intrusivo, afectadas por neumafólisis o hidrotermalismo - (Foto 4.9)(ver apéndice petrográfico.)

Basalto.- Esta unidad es la más joven de toda la secuencia volcánica que se encuentra cubriendo al paquete volcánico andesítico principalmente sobreyaciendo al aglomerado andesítico y se presenta en forma de mesetas y/o formando escarpes en algunos lugares como en una parte del Cerro La Ciénega, extendiéndose hasta el Cerro La Laja, Tío Cleto y El Vigía presentando una pseudoestratificación que es su rasgo característico.

Megascópicamente se observa que el basalto presenta un color gris - oscuro, estructura compacta y en ocasiones vesicular, textura afanítica a veces en forma concéntrica (ver Foto No.6) con presencia de algunas veces vidrio y en ocasiones una textura porfídica con fenocristales subhedrales de plagioclasas cálcicas que llegan a intemperizar a un color rojo intenso formando suelos lateríticos como en los Ejidos de la Ciénega y El Colorado.

Al microscopio presenta una textura pilotáxítica y/o hialofilitica de grano medio a grano fino, en ocasiones orientados con granos subordinados de pigeonita. Están constituidas por vidrio de composición máfica -- conteniendo inclusiones de magnetita y escasa clorita y en otras muestras de matriz se incluyen algunos fenocristales subhedrales de plagioclasas - zonadas (23%), ocasionalmente conteniendo finas inclusiones de apatita.

El olivino ocurre en cristales anedrales diseminados entre los microlitos, se encuentra generalmente alterado a iddingsita.

La apatita es escasa, se observa incluida en las plagioclasas -- formando cristales aciculares.

La ilmenita ocurre en finos cristales anedrales diseminados en la roca.

La roca se clasificó generalmente como un basalto de olivino y - algunas veces como un basalto de pigeonita (ver tabla petrográfica).

Aluvión.- Los depósitos recientes han sido un periodo de erosión con muy poco depósito. Este material de acarreo fluvial de muy variada

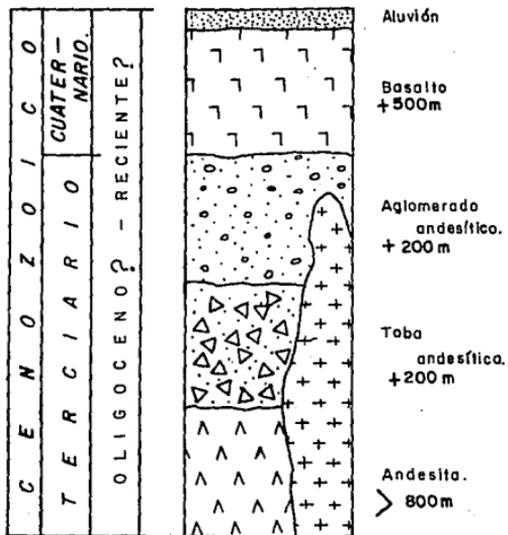


FIG.-5 Columna estratigráfica del área La Ciénega, Jalisco.



Foto No. 4.- Afloramiento de una roca intrusiva de composición granodiorítica.

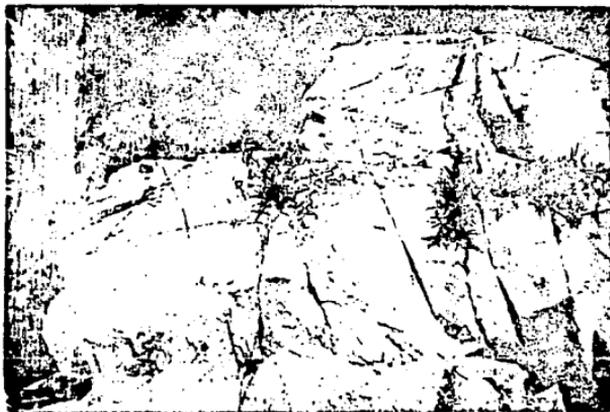


Foto No. 5.- Afloramiento de un dique de composición traquiandesítica, donde su roca encajonante es una andesita alterada.

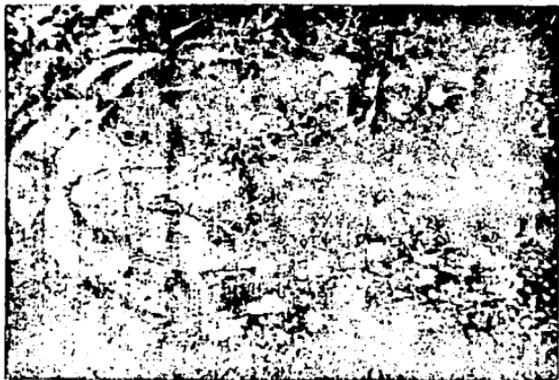


Foto No. 6 Afloramiento de basalto, donde se observa una alteración de forma concéntrica donde es característico.

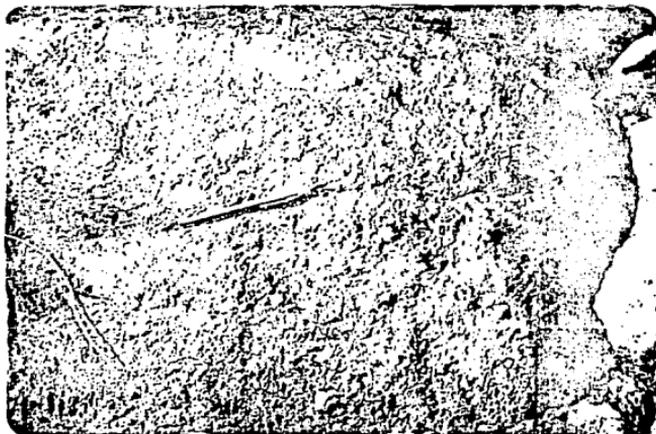


Foto No. 7 Afloramiento de un aglomerado andesítico donde se observan clastos de origen andesítico



Foto No. 8 Microfotografía de andesita observándose plagioclasas y piroxenos (augita) principalmente



Foto No. 9 Microfotografía de granodiorita observándose cuarzo y magnetita como mineral secundario.

composición y tamaño, ocupa principalmente la masa del Ejido de La Ciénega (ver plano No. 1), así como en las partes superiores de las mesetas de basalto, y a lo largo de los ríos Atenguillo, Rojo y el arroyo Los Bueyes.

Estos depósitos están constituidos por gravas y fragmentos de roca en las partes altas; gravas, arenas y arcillas en las partes bajas.

4.2 Tectónica

Los eventos tectónicos responsables de las deformaciones que afectan a la secuencia estratigráfica regional, se relacionan según diversos modelos con las fases orogénicas que tuvieron lugar durante el Terciario Temprano. En este período ocurren diferentes manifestaciones magmáticas extrusivas que tuvieron implicaciones diversas en los fenómenos metalogénicos que se desarrollaron en la región.

4.2.1 Posibles implicaciones de la Tectónica de Placas

La evolución tectónica de la región y sus implicaciones dentro del contexto de la tectónica de placas, no se conoce con claridad. Por lo tanto, es difícil decir si su evolución está relacionada únicamente a la evolución de los rasgos estructurales del Pacífico, aunque la opinión de numerosos autores parece indicarlo así, a pesar de que se apoyan en estudios de observaciones aisladas.

La formación del Eje Neovolcánico constituye el rasgo estructural más notable, como posible ejemplo resultante de la interacción de placas en la margen occidental de México. Por otro lado, según diversos autores señalan que aunque al Eje Neovolcánico Transmexicano (E.N.T.) (Fig. 6) se le considera como parte de la cadena volcánica Circum-Pacífico, no es paralelo a la zona de subducción (Fosa Mesoamericana, F.M.A.). Se sabe, que las demás provincias volcánicas que pertenecen a esta cadena Circum-Pacífico son paralelas a la F.M.A., mientras que el ENT forma un ángulo de alrededor de 15° con respecto a la FMA (Melner y Sykes, 1969). Por consecuencia, la distancia entre las estructuras volcánicas del ENT y la FMA varían de 150 a 300 km en el oeste, y 350 a 500 km en el este (Robin, 1982 b,

1935). Debido a esta oblicuidad tan singular del ENT, se han propuesto una gran cantidad de modelos tectónicos, para explicar su origen y evolución. Hasta el momento no se ha desarrollado un modelo de evolución que sea aceptado por la mayoría. Estos modelos se pueden agrupar entre los grupos principales.

- 1) Modelos relacionados con grandes fallas.- Dentro de este grupo se encuentra la primera hipótesis desarrollada para explicar la alineación de los grandes volcanes del ENT, la cual fue propuesta por Alexander Von Humboldt, 1867 citado en Mooser (1972). Humboldt propuso una teoría sobre la existencia de una fractura cortical que disectaba a la República Mexicana, a lo largo del paralelo 19°N desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico en donde las manifestaciones volcánicas de las Islas Revillagigedo eran consideradas como el producto de esta misma fractura gigante.

Con el descubrimiento de la falla de transformación de la dorsal del Pacífico Oriental (D.P.O) denominada Fractura de Clarion (Menard, 1955), se revivió la idea planteada por Humboldt; se propuso que el volcanismo del ENT representaba la extensión continental de esta falla de transformación (Menard, 1955, Mooser y Maldonado Koerdell, 1961).

Además, Mooser y Maldonado-Koerdell (1961) propusieron otro alineamiento (línea Chapala-Acambay), el cual fue considerado como extensión continental de una falla perteneciente al sistema de fallas de transformación del Golfo de California y que junto con la extensión continental de la Fractura Clarion (línea Humboldt), producían el fracturamiento y volcanismo del ENT, considerándolo como un antiguo "geotumor". Posteriormente, Mooser (1969) propone un mecanismo de "calentamiento diferencial de la corteza" para la generación de los magmas debajo de esta "geosutura". Así mismo, Gastil y Jensky (1973) sugieren que el ENT representa la prolongación continental del sistema de fallas de transformación del Golfo de California, por lo que suponen la existencia de movimientos horizontales (Strike-Slip) dextrales debajo de la parte occidental del mismo; de esta manera se explica el desplazamiento del batolito mesozoico en esta parte del ENT. (Figura No. 8).

2) Modelos relacionados con la subducción de placas oceánicas

Con el desarrollo actual de la teoría de la tectónica de placas, se han propuesto varios modelos que consideran el magmatismo del ENT estrechamente relacionado, de una u otra forma con los procesos de subducción que se llevan a efecto frente a las costas mexicanas en el Océano Pacífico a lo largo de la FMA. Sin embargo, aunque la mayoría de los autores de estos modelos coinciden en que son estos los procesos que han dado origen al ENT; existen entre ellos divergencias con respecto a la forma en la que funcionan dichos mecanismos para provocar la ausencia de paralelismo entre el arco volcánico continental y la zona de subducción.

De esta manera Mooser (1972), considera al ENT como una antigua zona de debilidad o "geosutura" que ha sufrido una reapertura desde el Terciario-Medio, a través de la cual han ascendido los magmas derivados por los procesos de subducción de la Placa de Cocos a lo largo de la FMA. Por su parte, Urrutia y del Castillo (1977) tratan de explicar la falta de paralelismo del ENT con la FMA, por medio de un modelo que involucra una disminución constante en el ángulo de subducción unido a un incremento en la velocidad de hundimiento de oeste a este, de la Placa de Cocos debajo de la Placa de Norteamérica a lo largo de la FMA. Por otra parte, para explicar la oblicuidad del ENT, Demant (1978, 1981) hace una distinción entre el marco estructural en el cual se desarrolla el volcanismo y los procesos de subducción que, en su opinión, dan origen a dicho magmatismo y aclara que el primero es el producto de la evolución geodinámica de la parte meridional de la Placa Norteamérica.

En general, existen otros autores que vincularon directamente al magmatismo del ENT con los mecanismos de subducción que se efectúan entre la Placa Norteamérica, Placa de Rivera y de Cocos (Molnar y Sykes, 1969, Demant y Robin, 1975; Pichler y Weyl, 1976; Pal y Urrutia, 1977; Thorpe - 1977; Negendak et al., 1981; Lonnitz, 1982; Nixon, 1982; Robin, 1985). (Figura No. 7).

3) Modelos relacionados con un rompimiento (rifting) continental.

Existen varios autores que involucran un proceso en parte independiente de la subducción para explicar el magmatismo del ENT. De esta manera, basados sobre estudios sísmicos, Shurbet y Cebull (1984) postulan que el ENT es en gran parte, independientemente de los procesos de subducción y que, en realidad representa el límite septentrional no completamente desarrollado de una microplaca en desarrollo. Así mismo, con base en los datos isotópicos de Sr y Rb, y de elementos traza, algunos autores han considerado que en diversas zonas del ENT se han extrabasado magmas cuyo origen se supone a partir de una fusión parcial del manto superior, con escasa o ninguna contribución en material silíceo (Cantagrel y Robin 1978; Robin y Nicolás, 1978; Verma 1983, 1984). De esta forma, Robin (1976 b, 1982 a, 1982 b) propone un modelo que involucra un rompimiento continental a lo largo de la Planicie Costera de México junto con los procesos de subducción a lo largo del ENT, con el objeto de explicar el volcanismo de la parte oriental del ENT. (Figuras 4, 4a).

Por otra parte, Allan (1984) y Jühr et al., (1985) postulan la existencia de un proceso de rompimiento continental actualmente activo en la parte occidental del ENT, al cual le atribuye la formación de los grabens de Tepic, Chapala y Colima, proponiendo que este último representa la manifestación incipiente de un salto (jump) de la DPO por debajo de la Placa Norteamericana; de esta manera, se inicia una posible separación de la parte suroccidental de México y del resto del continente.

4.2.2 Secuencia de eventos

La región comprendida entre Bahía de Banderas y el Graben Tepic-Chapala, a la altura de Ameca, Jal., y Amatlán de Cañas, Nay., cubre un período de actividad ígnea comprendida entre 90 m al presente (Damon et al., 1981). Se muestra la migración de las rocas magmáticas post-triásicas y el campo químico generalizado al que pertenecen. (Figura No. 9).

La región de estudio se indica entre 200 y 300 km de distancia de

la paleotrinchera. Asimismo, se ubica en la línea denominada tentativamente "Línea Jalisco" según (Delgado-Argote, L.A., 1983) (Figura No. 10). Una muestra de hace 137 m.a. en el W de Baja California (Gastil y Jensky, 1978) sirve como correlación para obtener la línea de evolución magmática.

Se observa de la (Figura No. 10) que el magmatismo se inició hace - aproximadamente 85 m.a. afectó a una secuencia de posible edad Jurásico que sirve de base a la serie volcanosedimentaria de Cuale, Jal. Este último arco volcánico se ubica tentativamente entre 70 y 75 m.a. edad concordante -- con la fecha de 71.2 m.a. en la línea paralela con la trinchera del Valle - del Río Ameca a Puerto Vallarta.

Con esa línea de evolución, las intrusiones someras de La Olga y El Pílon Nayarit, de edad 64.5 y 61.0 m.a. muestran el desarrollo de un extenso campo volcánico de aproximadamente 100 km de anchura separados en tiempo por 10 m.a. se infiere así, que existió una área tan extensa de volcanismo activo, separada por un corto período de tiempo. Fenómenos de continua resurgencia en campos volcánicos individuales pueden provocar mineralizaciones frecuentes en toda la extensión de la subprovincia.

La línea Jalisco se interrumpió hace 60 m.a., tiempo en el cual el volcanismo migra de manera continua hacia el este, hasta 40 m.a. cuando el arco magmático cubre una regresión hacia la trinchera (Demant et al., op cit.). En el área de estudio, existe un período de calma entre 60 y 17 m. a. Esta última fecha corresponde a las manifestaciones de calderas más occidentales de la Sierra Madre Occidental del Mioceno Inferior, observables en las partes superiores de la Sierra de Ameca, Jal. y Guamúchil, Nay. para la edad de 22.4 m.a. \pm 3.

Un corto período de tranquilidad se manifiesta en Nayarit-Jalisco - hasta aproximadamente 13 ó 10 m.a. cuando una nueva etapa de vulcanismo más ácido y explosivo se manifiesta en la costa y centro de Nayarit y el -- río Grande de Santiago en Jalisco (Nieto et al., 1981).

A partir de 10 m.a. hasta el presente, la región entre 100 y 200 -

km de la paleotrinchera es afectada por continuos movimientos verticales y de transcurrancia, asociadas con la formación de los grabens de Tepic-Chapala, Colima y las más pequeñas depresiones con vulcanismo andesítico y basáltico. Esta época corresponde también a la formación de los horst de Ameca (Murillos, Barqueño) y Guamúchil que expone la base sedimentaria cretácica (Figura No. 7). (No existen evidencias que indiquen mineralizaciones asociadas con este último evento en esta área).

Para el Mioceno Tardío con una edad que varía de 22.4 m.a. a \pm 3.5 m.a. comienza un vulcanismo andesítico representado por andesitas porfiríticas y tobas andesíticas; estas últimas constituyen las rocas más antiguas aflorantes. Esta información se obtuvo al norte del área en estudio, en las márgenes del río Santiago (McDowell, F.W. y Clabaugh, S.E. 1972).

Posteriormente, el área fue afectada por un fracturamiento de orientación NE-SW, con una marcada tendencia N-S, quizá producido por la zona de subducción que se encuentra en la porción occidental del área. Dicho fracturamiento se estableció en las zonas más supracorticales y sirvieron de conducto para la circulación de fluidos hidrotermales que pudieron ser el origen de la mineralización y a las subsecuentes alteraciones hidrotermales.

Después sobrevino el emplazamiento de cuerpos intrusivos y pequeños apófisis, dentro del área (Cerros La Verdosa y El Barqueño), el cual produjo el fracturamiento radial que afectó a las estructuras mineralizadas (Vetas Fresno, Katy, Vicky) (Plano No. 1). Esto se observa al norte y noroeste del Cerro La Verdosa. Lo anterior indica que hubo dos tipos de fracturamiento, uno producto de movimientos tectónicos y otro causado por intrusiones.

El vulcanismo basáltico en la región de la Ciénega, Jal. se manifiesta por las mesetas. El Llano, El Vigía y La Ciénega (Plano No. 2), las cuales se encuentran en la porción occidental y oriental del área y cuya presencia constituye las últimas manifestaciones volcánicas existentes en la zona.

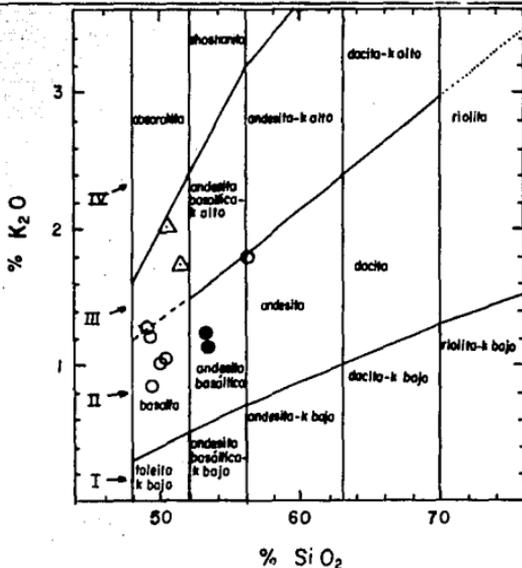


Fig. 4.- Gráfica de las rocas volcánicas del área Atotonilco-Aranda, los límites y nomenclaturas mostrados son de Peccerillo y Taylor 1976. Las secuencias I-IV son: (I) Series toleíticas, (II) Series calcoalcalinas, (III) Series calcoalcalinas con un alto potasio y (IV) Series rioshoníticas. Los símbolos usados: -- triángulos abiertos para S2 y S4, círculos rellenos para S5 y los círculos en blancos para otras muestras. (Según Verma P.S. 1985).

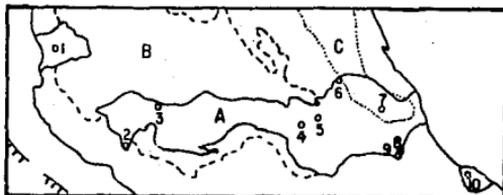
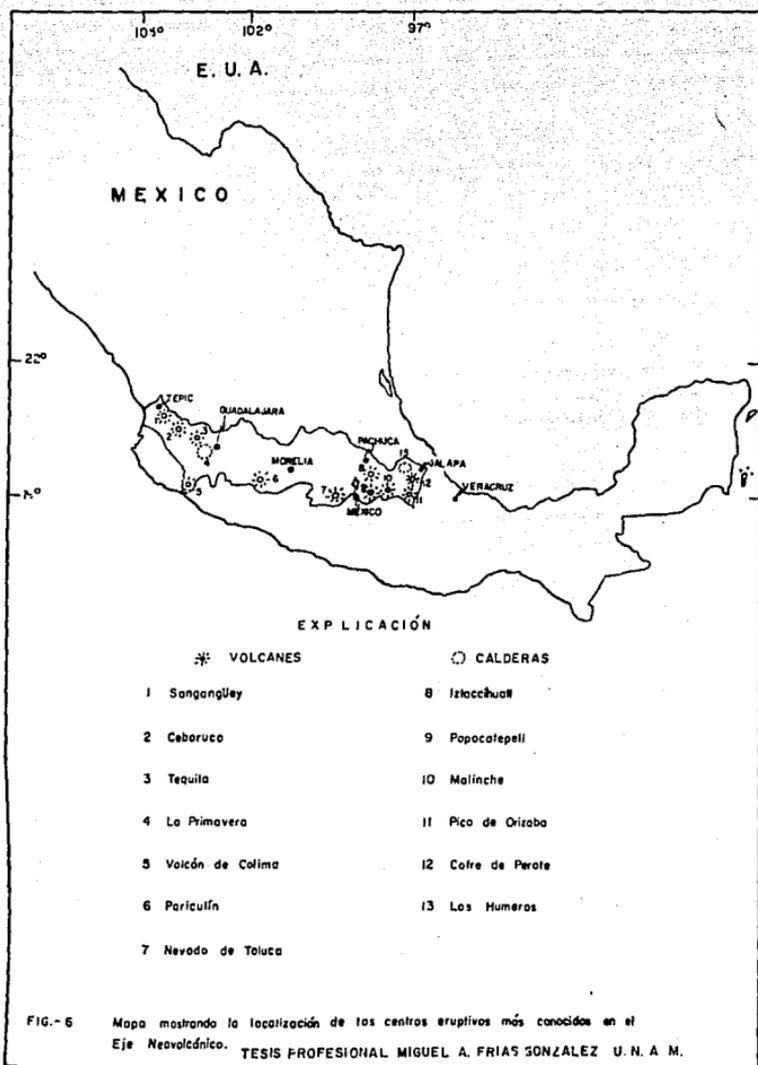


Fig. 4A.- Localizaciones de las áreas de donde los radios $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ han sido medidos (después de una compilación por Verma 1984). La traza de MVB (identificada con la letra A) es mostrada para referencia. Los Nos. del 1 al 10 son para las siguientes áreas (el rango correspondiente, media y el No. de análisis $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ son dados en el parentesis después de cada área): 1.-Ceboruco (con 0.7041-0.7043, 0.7042, 4); 2. Colima y Nevado de Colima (0.7036-0.7040, 0.7038, 6); -- 3. Aranda-Atotonilco, NE Jalisco (0.7033-0.7039, 0.7050, 8); 4. Toluca y Nevado de Toluca (0.7032-0.7045, 0.7039, 24); 5. Valle de México (0.7034-0.7045, 0.7039, 9); 6. Pachuca (0.7034-0.7044, 0.7040, 7); 7. Los Hornos (0.7039-0.7048, 0.7042, 27); 8. NE del Pico de Orizaba (0.7035-0.7042, 0.7038, 5); 9. SE del Pico de Orizaba (0.7041-0.7046, 0.7044, 8); (Según Verma P.S. 1985).



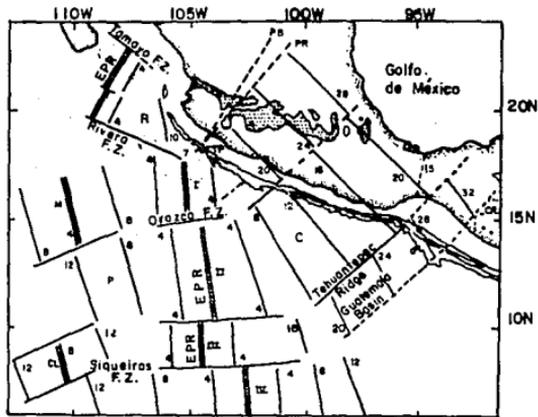


FIGURA 7 Reconstrucción simplificada de la edad y estructura de la litósfera oceánica involucrada en la subducción de La Trincherá Mesoamericana. La tendencia y edad de los alineamientos magnéticos en la corteza oceánica fueron tomados de Larson (1972) and Lewis (1976) y Karig, et. al. (1978). Los lineamientos transformes y magnéticos dentro del continente mexicano fueron proyectados siguiendo las variaciones en inclinación de la zona de Benioff a lo largo del arco.

La simbología utilizada es la siguiente: R: Placa Rivera; TP: unión triples entre las Placas de Cocos, Rivera y Norteamericana; PB: límite transformante entre las Placas Rivera y Cocos; PR: tendencia de una zona de fracturas en la proto-Rivera, suponiendo que ésta ha ya estado realmente implicada en la placa subduccionada; EPR: Dorsal del Pacífico Oriental; M: Ridge Mathematiciano; CL: Ridge Clipperton; FZ: zona de fracturamiento; C: Placa de Cocos segmentada en I, II, III y IV partes. (Tomado de Nixon, G.T., 1982).

EVOLUCION DE LOS ARCOS MAGMATICOS EN MEXICO

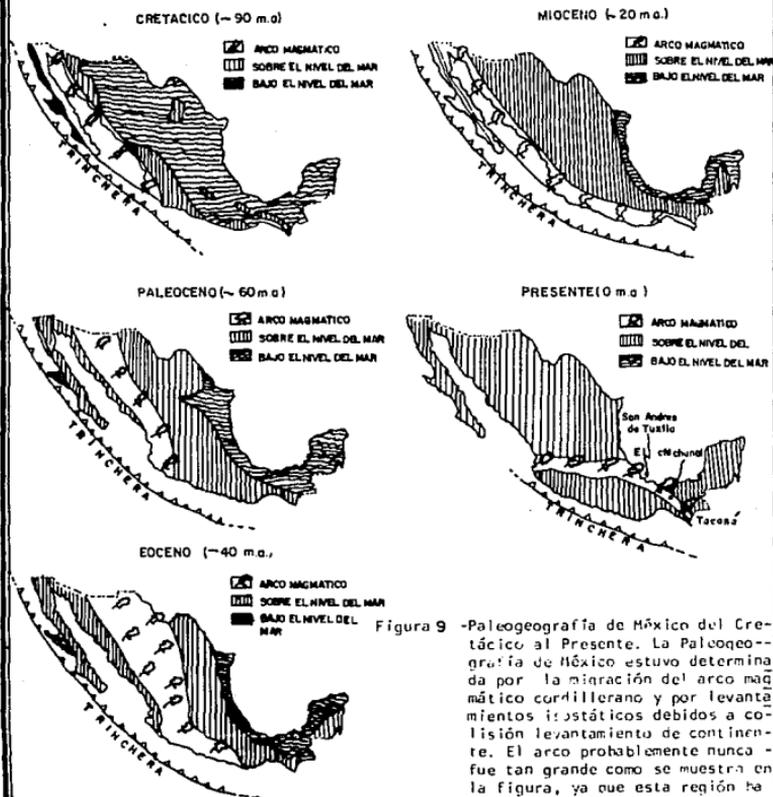


Figura 9 -Paleogeografía de México del Cretácico al Presente. La Paleogeografía de México estuvo determinada por la migración del arco magmático cordillerano y por levantamientos isostáticos debidos a colisión levantamiento de continentes. El arco probablemente nunca fue tan grande como se muestra en la figura, ya que esta región ha sido sujeta a extensión, y en esta reconstrucción paleogeográfica se incluye mucho más que un instante en tiempo geológico. Los datos están basados en la Figura 4 de López-Ramos (1974-1979) y en observaciones de campo de los autores.

(Tomado de Damon '979)

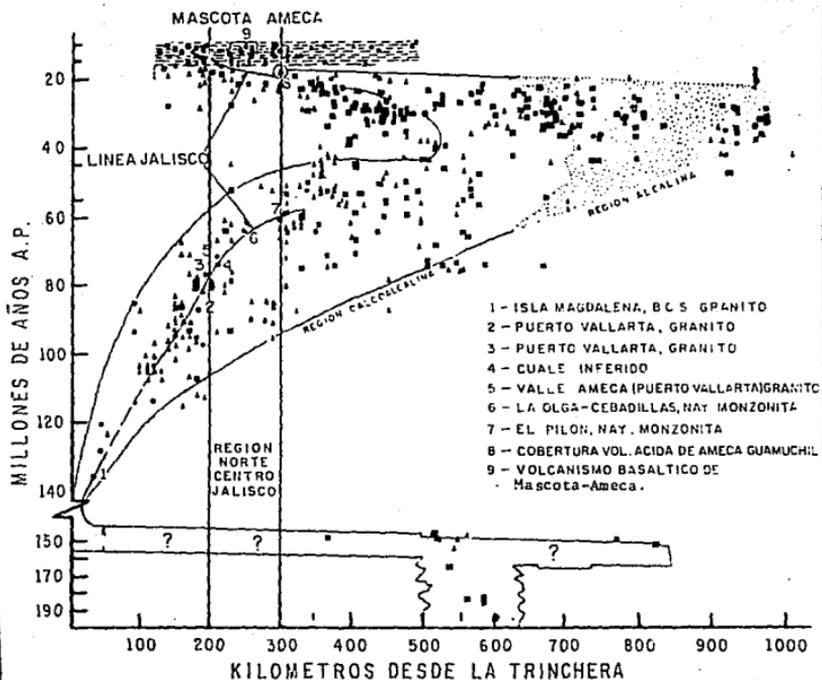


FIGURA 10 Diagrama de evolución magmática para el norte de México a partir de la latitud de Bahía Banderas. Se muestra la región comprendida entre Mascota y Ameca y la línea de evolución magmática de Jalisco (Línea Jalisco) para esa región.

(Tomada de Domón y otros, 1983)

Después la región es afectada por movimientos distensivos de grandes proporciones, que dieron lugar a fallas y fracturas de orientación predominante NW-SE, casi perpendicular a la orientación NE-SW; ésto da lugar al basculamiento regional y a la formación de bloques escalonados de rumbo principal NW-SE y buzamiento al NE. El mencionado basculamiento está representado en el área por fallas regionales como son el rfo Atenguillo y el Rojo (Plano No. 2). (Fig. No. 11).

Posteriormente, los procesos volcánicos cesan y la región queda expuesta a la erosión y se cubre parcialmente por una capa de aluvi6n y suelo.

4.3 Geología estructural

El objetivo de este inciso, es mostrar los elementos estructurales más importantes del área, como son los sistemas de fallas y fracturas, los cuales son el resultado directo de los eventos tect6nicos y que han tenido influencia sobre las rocas ya existentes.

Para lograr dicho fin, se hizo necesario realizar una serie de estudios, los cuales incluyen la utilizaci6n de diagramas estereográficos, - así como rosetas de fracturamiento.

4.3.1 Fallas y fracturas

Las unidades litol6gicas del área se encuentran atravesadas y afectadas por numerosas fallas y fracturas, al considerar estos rasgos estructurales, el sistema de fracturamiento en varias direcciones y sobre todo - los más sobresalientes fueron considerados para elaborar varias rosetas de fracturamientos (Figuras Nos. 13a, 13 b, 13.1 c y 13.1 d).

Los sistemas de fallas y fracturas que presentan orientaciones con mayor y menor predominancia se agrupan de la siguiente manera:

Areas (Jalisco)	Mayor predominio	Menor predominio
Mascota	NE 55°- 60°SW	NW 14°- 20°SE
Estancia de Los López	NE 58°- 60°SW	NW 9°- 17°SE
Atenguillo-Volcanes	NE 28°- 32°SW	NW 24°- 27°SE
Barqueño	NW 20°- 25°SE	NE 67°- 73°SW
Murillos	NE 36°- 40°SW	NW 60°- 65°SE

T A B L A No. 1

Tabla No. 1.- Sistema de orientaciones de mayor y menor predominio tomadas de las rosetas de fracturamiento regional, que afectaron a rocas - de toda la unidad volcánica andesítica y a los cuerpos ígneos intrusivos, - excepto en el área de Mascota, Jal., donde se tienen aflorando rocas de la secuencia volcanosedimentaria y rocas de la unidad volcánica dacítica-andesítica.

Estas fallas son de tipo normal, las dimensiones de estos sistemas de fracturamiento regional es de aproximadamente 30 km de longitud (Plano No. 3).

Finalmente, se puede concluir que la dirección de los esfuerzos actuó generalmente con mayor intensidad sobre una orientación.

4.3.2 Análisis microestructural

El análisis microestructural se realizó en base a 54 datos de microfracturamiento tomados en rocas del paquete volcánico andesítico y en cuerpos ígneos intrusivos. Mediante el análisis de diagramas estereográficos - se han tratado de establecer estos períodos; se encontraron dos sistemas de orientaciones preferenciales bien definidos (Figura No. 12) que tienden a - ser perpendiculares entre sí.

Un sistema con una orientación NE 56°SW predominante en la región,-

tanto en las rocas del paquete volcánico andesítico como en cuerpos ígneos intrusivos; el desplazamiento que presentan estas fallas es de tipo normal (Plano No. 1).

Otro sistema E-W es menos abundante que el anterior y afecta a todas las rocas de las unidades litológicas que afloran en el área; además, está íntimamente relacionado a la mineralización ya que por lo general estas fallas presentan cierto brechamiento. Si se compara el sistema de -- fracturamiento regional (Figura No. 13.1 d) y el de microfracturamiento -- (véase Figura No. 12) se observará su escasa correspondencia.

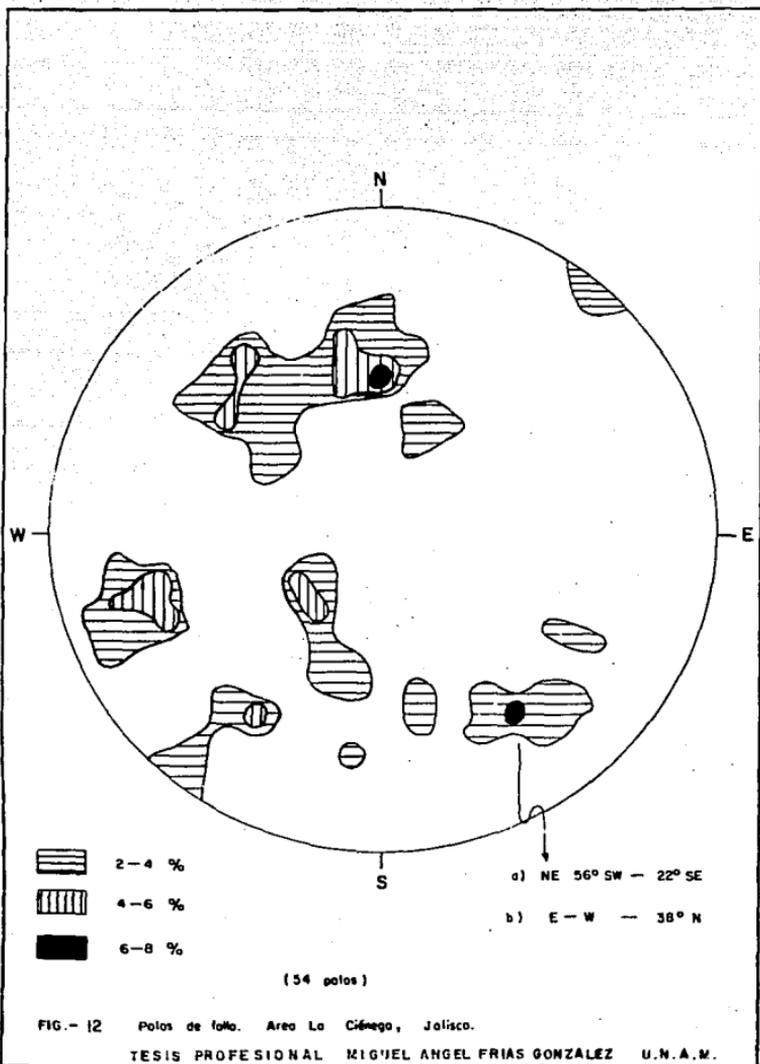
La discrepancia que existe entre ambos patrones de fracturamiento, se puede explicar mediante el movimiento relativo de los bloques limitados por fallas de tipo normal.

Como resultado de los estudios antes presentados, se tiene la comparación de estudios regionales como local y se puede concluir que los -- fracturamientos con orientación NE-SW son indicadores para que presenten mineralización.

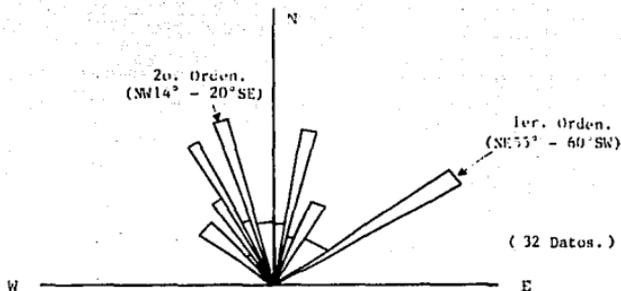
Las rocas que componen la serie andesítica han sido las más susceptibles al fracturamiento, las cuales presentan una orientación preferencial NE-SW; ésto es comprensible debido a su baja competencia con respecto a las otras unidades litológicas, por lo cual se le puede considerar la roca más viable para alojar la mineralización. Esta serie presenta un intervalo de mayor fracturamiento entre los 50 - 80°.

El cuerpo ígneo intrusivo tiende a presentar una orientación NE-SW, ésto puede indicar que su emplazamiento estuvo controlado por un fracturamiento de orientación regional NE-SW. Por observaciones de campo, como son la roca encajonante, es posible inferir que ese fracturamiento es ligeramente posterior al fracturamiento que afectó a la serie andesítica (NE-SW).

El fracturamiento que muestran los basaltos tiene una marcada tendencia NE-SW, comprendida entre los 30-45°.

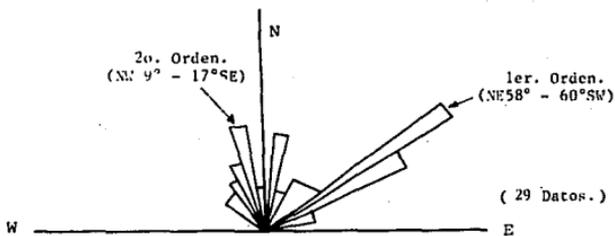


A)



Roseta de fracturamiento del área Mascota, Jalisco.

B)



Roseta de fracturamiento de Estancia de los López, Mpio. de San Sebastián, Jalisco.

C)

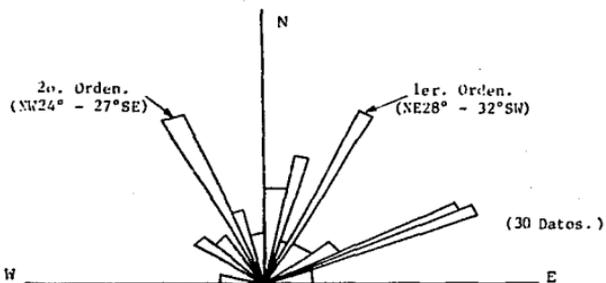
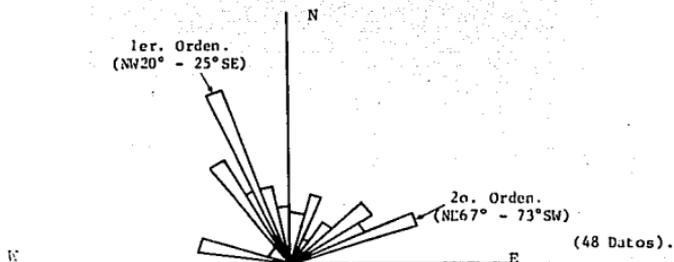


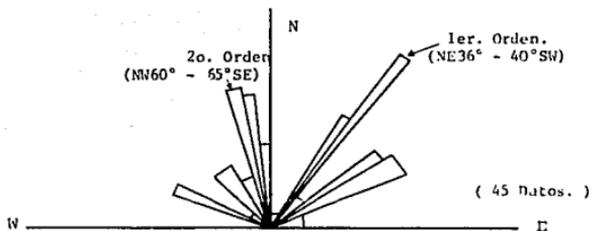
FIG 13 Roseta de fracturamiento de Atenquillo-Volcanes, Jalisco.

D)



Roseta de fracturamiento del área del Barroño Jalisco.

E)



Roseta de fracturamiento del área Los Murillos, Jalisco.

FIG. 131 Roseta de fracturamiento indicando el patrón estructural dominante según la frecuencia de las orientaciones de lineamientos en cinco zonas

favorables para la ocurrencia de depósitos minerales.

TESIS PROFESIONAL MIGUEL A. FRIAS GONZALEZ U. N. A. N.

El fracturamiento con orientaciones E-W y NW-SE son escasos en comparación con el NE-SW; ésto no implica que este último no sea importante, ya que agrupa a fallas regionales de tipo normal que corresponde a los cauces del río Atenguillo y arroyo El Rojo. Desde el punto de vista económico, - este sistema de fallas y fracturas son de gran importancia ya que sirvieron como conducto para la circulación de fluidos hidrotermales y permitieron el emplazamiento de estructuras mineralizadas como en el área de El Colorado, Los Bayos, así como en los diques y apófisis de cuerpos granodioríticos que afloran en el área.

El desplazamiento de las vetas producido por las fallas normales - (Plano No. 2), indica posiblemente que la mineralización ya existía cuando se produjo el sistema NW-SE.

Las fallas regionales producen una serie de bloques desplazados en forma de fosas tectónicas (grabens), semejando una serie de escalones (Figura No.11).

El fracturamiento de tipo radial que manifiesta el cuerpo intrusivo es considerado de gran importancia, ya que también afectó a la serie andesítica y a las estructuras mineralizadas y las desplazó (observaciones de campo).

Finalmente, si se hace una comparación con lo observado en el Plano No. 3, el patrón estructural dominante en La Estancia de Los López y - El Barqueño (véase Tabla No. 1), indica la existencia de una variación bien definida que consiste de NE 60°SW y NW 25°SE, respectivamente. Aunque todo esto podría ser bastante relativo ya que la presencia de los lineamientos - entre (75 - 90°) en estas dos zonas se tienen con bastante densidad. De hecho, estas rosetas no hacen más que comprobar de una manera estadística la predominancia de los patrones estructurales ya establecidos.

4.4 Geología Histórica

La Paleogeografía del Cretácico al Cenozoico de México, ha sido -- consecuencia (Damon, Shafiqullah, Clark y otros, 1982).

De la migración del arco magmático cordillerano, el cual es resultado de los cambios en los movimientos de las placas (Coney Reynolds, -- 1977; Keith, 1978; Damon, Shafiqullah, 1981; Clark y otros, 1982).

Asimismo, es patente un levantamiento en la margen convergente - en respuesta a un ajuste isostático (Damon, 1979). La distribución espacial de las edades de rocas ígneas en el norte de México, muestran la presencia de la migración, un hiatus y regresión de arcos magmáticos (Damon, Shafiqullah, 1981; Clark y otros, 1982).

El primer arco magmático se estableció en la Cordillera del Sur, - desde Chiapas (México a Nevada y California, E.U.A.); se inició en el Jurásico Temprano (Clark y otros, 1982), cerca de una paleotrinchera avanzando hacia el Este por 40 m.a. Esto es apoyado por una serie de afloramientos que aproximadamente son paralelos a la Costa del Pacífico y presentan una distancia con respecto a la paleotrinchera, desde 100 km en Chiapas a 500 km en Arizona.

Durante el Cretácico Tardío (Figura No. 6), hace 90 m.a. México - estuvo regido por un arco magmático tipo andino. Dicho arco migró hacia el Este y se extendió hasta el Istmo de Tehuantepec. El levantamiento comenzó en el Cretácico Tardío al tiempo de colisión del continente con la Dorsal Pacífica (East Pacific Rise).

Por 60 m.a. sólo la costa del Golfo de México y Yucatán estuvieron todavía sumergidos.

Las diferentes asociaciones minerales en zonas subparalelas a la paleotrinchera son contrastes, dado la distribución del magma en espacio y tiempo (Figura No. 10). Por ejemplo, un magma calcoalcalino formado durante un avance hacia el Este del arco, los depósitos de Mo y CaF_2 coinciden con el cinturón alcalino durante la transición entre el avance y la - regresión de dicho arco; asimismo, por encima de la mayor profundidad de subducción se emplazaron los yacimientos de Pb-Zn-Ag (49-26 m.a. Eoceno - Oligoceno).

En el Eoceno, hace 40 m.a. el avance del arco magmático persistió y fue seguido por un levantamiento continental, exponiendo las rocas laramídicas a la erosión, creando una extensa superficie de erosión en el -- continente (Damon y Shafiqullah, 1981) (Figura No. 6).

Al sur del Eje Neovolcánico, las rocas volcánicas e intrusivas - del Cretácico al Oligoceno persisten estratigráficamente como una serie volcánica inferior del Cretácico Tardío al Eoceno (con un espesor de 1 a 1.5 km); consiste principalmente en andesitas.

Estas rocas están sobreyacidas por la serie volcánica superior - de 1 km de espesor, que está constituida por tobas de composición riódacítica del Oligoceno (Clark y otros, 1981). Para el Mioceno Temprano, - el arco magmático migró de regreso hacia el Pacífico y Costa de California. Dicho arco fue continuo a lo largo de todo México (Damon y Shafiqullah, 1981): para el Mioceno Medio cesó la subducción y con esto el -- magmatismo calcoalcalino en la cordillera del sur (costa del Pacífico); - los yacimientos porfídicos laramídicos fueron cubiertos por material piroclástico.

Clark (op. cit.), postulan un segundo arco magmático del Mioceno Tardío al Holoceno, representados por productos volcánicos que constituyen el Cinturón Volcánico Transmexicano (Eje Neovolcánico), del cual la composición andesítica y dacítica son los comunes (Gunn y Mooser, 1970).

Desde el Mioceno Tardío la cobertura de basaltos fue extrusionada. Por otra parte, la fase plutónica está representada por los batolitos, como el de Baja California del NW de México.

En conclusión, Clark y otros reconocen tres regímenes magmáticos desde hace 180 m.a. (Jurásico).

El primer evento es del Triásico al Jurásico, el segundo define el cambio de magmatismo desde 140 a 16 m.a. (Cretácico-Mioceno), así como el avance hacia el Este desde la antigua margen pacífica, permanece--

ciendo estática por un corto tiempo y regresando rápidamente a la margen continental en el Mioceno Temprano (Figura No.9). El tercer evento magmático marca la apertura del Golfo de California, y el magmatismo relacionado a la subducción cesó poco después del fallamiento transcurrente en esa región. Atwater, 1970; menciona que lo anterior se debe a que la dorsal (East Pacific Rise) tocó por primera vez la trinchera de Norteamérica y -- América Central hace no menos de 30 m.a. (Oligoceno).

La zona de estudio pertenece al denominado graben de Tepic-Chapala (Plano No. 3) y constituye uno de los focos principales del vulcanismo del Eje Neovolcánico y acerca del cual Demant (1976) menciona: "Esta estructura constituye la terminación occidental del Eje Neovolcánico, las manifestaciones recientes se alinean con una orientación NW-SE, en una franja que se extiende de Tepic a Guadalajara; a la altura del Lago de Chapala cambian las direcciones tectónicas, llegando a ser E-W".

Los límites del graben están constituidos por la secuencia volcánica Oligo-Miocénica presente al nivel del Río Grande de Santiago, así como en ambos lados del Lago de Chapala.

El proceso del plegamiento de Nayarit y Jalisco se puede asignar a la evolución tectónica del área influenciada intensamente por la zona de subducción para ese período.



Foto No. 10 Zona de veta-falla, donde se observa un buzamiento casi vertical



Foto No. 11 Zona de fracturamiento muy intenso, donde se observa que presenta en varias direcciones.

5. YACIMIENTOS MINERALES

5.1 Aspectos Generales de la Geoquímica del Sistema Hidrotermal de Baja Temperatura, Relacionado al Emplazamiento del Oro

5.1.1 Introducción

En años recientes el movimiento ascendente del precio del oro ha provocado que la industria minera de exploración dirija su interés en la geoquímica del oro, con la esperanza de un mejor entendimiento de las diversas relaciones geoquímicas que coadyuven en la búsqueda de depósitos de este metal. Los aspectos más importantes incluyen las discusiones acerca de su solubilidad y agentes complejos e isótopos estables como indicadores de depósitos ocultos de oro. Asimismo, se analizan los ensambles de alteración e inclusiones fluidas, como guía regional y local, respectivamente, en la exploración de yacimientos de este tipo.

5.1.2 Geoquímica del Sistema Hidrotermal de Baja Temperatura

5.1.2.1 Relación de Concentración Oro-Solución Hidrotermal

El conocimiento de esta relación es el resultado de estudios de alteración, inclusiones fluidas y la selección y estudio de áreas geotermales modernas.

Las evidencias indican que el oro puede ser transportado como complejo de thio o cloruros en fluidos acuosos de baja salinidad, con un pH y temperaturas entre 150-350°C.

Composición

Los estudios de los sistemas geotérmicos modernos en Broadlands, Nueva Zelanda y Steamboat Springs, Nevada, aportaron valiosas evidencias sobre la relación oro-solución hidrotermal. Este parámetro de concentraciones relativas ofrece una ventaja sobre los estudios de alteración, inclusiones fluidas, investigaciones de lo cual se requiere la deducción de composición de fluidos.

En estudios anteriores afirma (Pansze *et al* 1981) que el agua es un componente predominante oro-relación de fluidos. Esto no es una evidencia de que cualquier otra sustancia, como el caso del agua comprende un porcentaje mínimo de los fluidos como son: cloruro de sodio, sulfuro /sulfato, bicarbonato y sílice que son constituyentes importantes de numerosas inclusiones fluidas y aguas termales asociadas con la ocurrencia del oro.

La salinidad del fluido que transporta y deposita al oro es baja, usualmente menor que 2-3, el peso del porcentaje equivalente de NaCl. El cloruro de sodio y el cloruro de potasio son predominantes en las sales. El sodio siempre está excediendo al potasio y el radio de NaCl, sus rangos son de 3 a 100 (Elías, 1979 p. 647).

Algunos ejemplos de salinidad reportadas por la selección de áreas en las que existe oro son resumidas a continuación.

A R E A	SALINIDAD % Na Cl	R E F E R E N C I A
9 DISTRITOS DE ORO EN NEVADA	2.1	Nash, 1972
Broadlands, Nueva Zelanda	0.2	Weissborg y otros, 1971
Steamboat Springs, Nevada	0.07	Nehring, 1980
Camp Bird Mine, Colorado	2	Nash, 1975
Sunnyside Mine, Colorado	2	Casadevall and Olmeto 1979
Carlin-Nev-Main Stage	3 + 1	Radtke and Others, 1980
Carlin-Nev-boiling Stage	17	Radtke and Others, 1980
Pachuca, México	1	Dreier, 1975

Tabla 2.- Salinidades de los fluidos

Las aguas con cloruro de sodio muestran un alto contenido de sílice (White et. al., 1956); se sabe que la solubilidad del SiO_2 es muy independiente de la concentración de sales disueltas y del pH (Holland y Malinin, 1979, p. 469-470); la concentración de sílice es de 0.1% que es razonable en los rangos de baja temperatura (Holland y Malinin, 1979, p. 467). El origen del sílice es discutido en el siguiente subinciso.

Las soluciones hidrotermales que transportan el oro pueden contener carbón y azufre en varios ligamentos. Las especies de C y S comúnmente se presentan en las inclusiones fluidas como CO_2 , HCO_3 , CO_3 , H_2S , Hl , IO_2 , HSO_4 y SO_4 . La oxidación y evolución del C y S se llevan a cabo durante el cambio de composición de los fluidos hidrotermales.

Estudios recientes de aguas de campos geotérmicos actuales, proporcionan datos de concentración de muchos otros elementos. En la tabla No. 2 se enlistan los contenidos de elementos traza de las descargas de aguas de Broadlands, Nueva Zelanda (Ewars y Keays 1977, p. 1339).

CONCENTRACION (PPS)

ELEMENTO	BR 2	BR 7
As	5,700	9,000
Sb	200	1,500
W	87	3.0
Zn	1	1.2
Pb	1.3	2.0
Cu	0.9	1.7
Tl	7.0	10
Ge	4.0	4
Ag	0.7	0.7
Sn	2.1	0.5
Au	0.04	0.1
Ni	0.2	0.2
Bi	- o -	0.3

Tabla 3.- Contenidos de elementos traza de las descargas de aguas, Broadland, Nueva Zelanda (Essers y Keago, 1977, 133 p.).

Nótese cantidades anómalas de Au, Ag, Hg, As, Sb, Bi, Tl, Se y Fe (elementos epitermales); estas concentraciones comúnmente se asocian con depósitos de sílice y son las de alteración hidrotermal. Otros elementos que son reportados en una cantidad extraña por la selección de áreas geotermales son el litio, bario, boro y fluorita; análisis de agua manifiestan un contenido bajo de fluorita 10-12 ppm; (Mahon, 1964 p. 3) y litio es 8 ppm; (Whitten 1957 p. 946, Holland y Malinin (1979, p. 462-508) las disminuciones originan corrientes de solubilidades de los minerales de ganga incluyendo fluorita y barita.

En resumen la solución típica que transporta el oro, es un fluido acuoso de baja salinidad (2%) conteniendo cantidades significativas de sodio, cobre, sílice, potasio y varias especies iónicas de azufre y carbón.

También son notorias las concentraciones anómalas de Hg, As, Sb, Bi, Tl, Se, Te, Li, Ba, B y F.

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

La temperatura, presión y pH son parámetros importantes que controlan la composición, estabilidad y la geoquímica del transporte. Datos concnientes a estos factores, son los estudios de minerales de alteración, - pares de minerales coexistentes y aguas termales.

TEMPERATURA

El rango de la temperatura de las soluciones portadoras de oro varía entre 100 y 350°C. En Broadlands se han hecho medidas de la temperatura del agua del orden de 290°C (Weissberg, 1969 p. 95; Ewers y Keays 1977, p. 137). Datos de inclusiones fluidas para este tipo de depósitos indican una temperatura media de 100 a 350°C. Estos datos son el resultado del cálculo de temperatura indirecta para cada isótopo estable, estabilidad mineral y geotermométricos. Algunos ejemplos están representados en la Tabla No. 3. El rango de temperatura no es un factor importante en la depositación de oro. Asimismo, se demostró el desarrollo de la ebullición de los fluidos mineralizantes. El fenómeno de ebullición se patentiza por características de las inclusiones fluidas, incremento de salinidad de la producción de la distribución bimodal de fases cerca de la zona de hervimiento. (Por ejemplo: 150-225°C por -- pre-ebullición fluida y 300-385°C por tablas de ebullición).

PRESION

El régimen de presión de los fluidos hidrotermales es más difícil de estimar que la temperatura. En los sistemas hidrotermales de baja temperatura en campos geotérmicos actuales la presión hidrostática es la presión total. Estas suposiciones están basadas en medidas de áreas geotermales y por investigaciones teóricas realizadas por Cathless (1977). El valor hidrostático estableció presiones máximas de 500 atm en 5 km de espesor; 200-300 atm es real para campos geotérmicos de 3 km de espesor (Ellis, 1967 p. 466). Se ha inferido que muchos depósitos hidrotermales de baja temperatura se formaron con 1 km de presión (menos de 100 atm).

pH

Las soluciones que transportan al oro fueron neutrales con una alcalinidad ligera, hasta que alcanzaron un ambiente muy cerca de la superficie, donde éstos se volvieron más ácidos producto de la pérdida de volátiles y -- oxidación (ebullición).

A profundidad el pH de los fluidos es usualmente de 7-8; así las -- aguas termales de Broadland tienen medidas del pH de 7 a 1 km de profundidad (Weissberg, 1969, p. 101-102). Otras medidas de inclusiones fluidas caen -- dentro de una unidad neutral (Roedder 1979, p. 715).

El efecto de amortiguamiento de un paquete litológico es importante para mantener la solución neutral. La solución común del oro con adularia, alteración propilítica y zeolítica evidencian fluidos que tuvieron carácter neutral con alcalinidad ligera.

La ebullición y la pérdida de volátiles implica (de cada H_2S) un de crecimiento en el pH de la solución de sus componentes se inicien ($H_2S + 2O_2$ $H^+ + HSO_4^- + 2H^+ + SO_4^{2-}$). La ionización se incrementa al ion hidrógeno metaso mático o al ácido lixiviado. El resultado de estas alteraciones son la alteración sulfatárica, argílica avanzada, propilítica, silicificación, con -- el desarrollo de alunita, caolinita e illita. En casos extremos, todos los minerales excepto el cuarzo son destruidos y removidos.

SOLUBILIDAD Y TRANSPORTE DEL ORO

El oro es transportado formando complejos con el azufre; los comple jos de cloruro son de menor importancia (Seward, 1973). Las cuestiones de la solubilidad del oro y su transporte son temas de gran controversia entre los metalogenistas.

El oro en su transporte es conocido por sus formas complejas al for mar ligamentos con Cl^- , BF_4^- , $S_2O_3^{2-}$, SCN^- , CN^- , S , NH_3 , Te, Se, Bi, Sb, As y con compuestos orgánicos. El transporte coloidal no llega a formar depósitos -- minerales en la secuencia zonal observada en la naturaleza y no provee mani

festaciones químicas por más soluciones mineralizantes que contengan (Barnes y Czmanske, 1967 p. 337).

La composición y la relación de concentración oro-solución hidrotermal imponen restricciones en el transporte, solubilidad del oro y en la concentración del mismo. Tres parámetros importantes son establecidos apoyándose en estudios de inclusiones fluidas, áreas geotérmicas y el conocimiento de las formas de emplazamiento de este mineral.

- 1.- Las soluciones son casi neutrales hasta la oxidación y/o ebullición de los fluidos acaecida cerca de la superficie.
- 2.- La solución común es de temperaturas entre 100 y 350°C, y presiones al rededor de 150 atm.
- 3.- Las soluciones salinas (Na^+ , K^+ , Cl^-), comúnmente contienen S, C y SiO_2 ; presencia y concentración con otros ligamentos muy variables.

Dentro de las limitaciones de estos parámetros, el azufre y el cloro son los elementos más adecuados para enlazarse en forma compleja con el oro. Seward (1973), investigó la solubilidad y transporte, concluyendo: "Cantidades considerables del oro pueden ser transportadas en soluciones hidrotermales enlazando a los complejos de TIO SULFATO, tio (HS^-), particularmente cerca de la región neutral donde predomina el complejo $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ ".

La solubilidad del $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ es grande en el ambiente donde el $\text{pH} = 7$ comparando la solubilidad del oro en forma de complejos de cloruro (5.6×10^{-9} ppm Au); pero la complejidad del tio sulfato permite un alto contenido de oro (1.5×10^{-2}) en el agua que está actualmente presente (Seward, 1973 p. 397). Solubilidades con excesos de 500 ppm son teóricamente posibles en complejos de TIO. Los complejos del tio-oro no únicamente transportan más oro que los complejos de cloruro sino que también son más estables y están presentes en temperaturas bajas.

Finalmente, Seward (1973 p. 398) reconoce que los complejos de Te, As y Sb pueden ser importantes en algunos depósitos hidrotermales. Ambos

complejos de Tio sulfato y cloruro se presentan en altas temperaturas - - (aprox. 350°C). Los complejos del tio-oro predominan a temperaturas entre 100 y 300°C. Los complejos de Au (HS)₂⁻ son estables en temperaturas más - bajas que los ligados al Cl⁻.

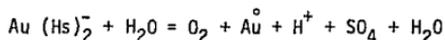
PROCESO DEPOSITACIONAL

Los procesos principales que provocan la precipitación son: (1) estado de oxidación, (2) presión, (3) pH y (4) actividad de ligaduras complejas (Barnes, 1979 p. 434; Seward, 1973 p. 395). Los cambios en temperaturas y concentración total de sulfuros son mucho más importantes.

La discusión y aplicaciones subsecuentes son únicamente para el -- oro y no para sulfuros metálicos. Algunas veces los emplazamientos están asociados con sulfuros de otros metales.

ESTADO DE OXIDACION

La oxidación del sulfuro en el complejo tio-oro Au (HS)₂ es la causa principal de la depositación de oro; ésto se ha conocido en muchos yacimientos hidrotermales (Barnes, 1979, p. 438; Hattori, 1975 p. 691-692). Esto se manifiesta a través de la siguiente reacción:



La oxidación de S⁼ a S⁶ puede ser rápida debido a la ebullición;- ésta puede ser gradual, a causa de la presión decreciente o por mezcla con aguas meteóricas o reacciones con zonas de alteración.

Los fluidos que presentan ebullición y tienen un contenido impor-- tante de iones de sulfato y un pH ácido, implican argilización avanzada o alteración de minerales solfatáricos como son alunita y caolinita.

Presión.- Un decrecimiento rápido de presión se desarrolla cuando la presión de vapor del fluido mineralizante excede la presión hidrostática (ebullición), o cuando la roca in situ, presenta gran fracturamiento.

En el medio subcortical, la caída de presión repentina es el resultado de la formación de volátiles ricos en una fase de vapor; este intercambio de oxidación fue discutido anteriormente. Esta pérdida de volátiles influye también en el pH.

Los efectos más significativos de los cambios de presión es la ebullición de los fluidos mineralizantes. Los estudios de campo e inclusiones fluidas en varios distritos indican que el cloro está asociado a las zonas de ebullición (Buchanan, 1980; Ratke y otros 1980; Slack, 1980). Los factores que determinan la ebullición de fluidos son:

- 1.- Salinidad.- La temperatura de ebullición de los fluidos aumenta con el incremento de la salinidad (Roedder, 1979 p. 699).
- 2.- Contenidos de volátiles.- La temperatura de ebullición decrece con el incremento de la concentración de volátiles (CO_2 , SO_2 , H_2S , etc.) en la solución. La solución en contenidos volátiles comienza a evaporar en temperaturas bajas que en aguas puras.
- 3.- Temperatura.- Un efecto directo bajo el punto crítico (374°C).
- 4.- Hipótesis-Presión.- Es una presión hidrostática total. El contenido de NaCl en solución (Holland y Malinin, 1979 p. 462) y además efectos de presión y permeabilidad. Un concepto básico es una presión decreciente-causado por la ebullición o exsolución en los fluidos.
- 5.- Permeabilidad.- El principio de permeabilidad puede asumirse a un sistema de dominio uniforme. En homogeneidad local existe y la ebullición afecta: a) Abertura del fracturamiento contra la roca permeable, flujo de calor, volumen de agua y la velocidad del fluido es grande en -- fracturamiento en regímenes de temperaturas altas que penetran en niveles poco profundos y una ebullición que se lleva a cabo cerca de la superficie; b) la migración de fluidos a través de una roca permeable moderada puede despedir vapor y abrir acceso en una zona de falla; c) una capa de roca con permeabilidad baja pudo transmitir calor más rápidamente que el agua; esa agua se filtra a través de una capa caliente y pue-

de evaporar. Estos procesos son teóricos en la formación de los sistemas - de vapor-dominante.

Las soluciones de transporte de oro presentan temperaturas moderadas y salinidades bajas ($\pm 200^{\circ}\text{C}$, 3% NaCl).

Durante la ebullición pueden desarrollarse cuatro cambios notables: 1) Depósitos de oro; 2) incremento de salinidad (17%, por ejemplo); 3) incremento de temperatura ($275\text{-}300^{\circ}\text{C}$), por ejemplo; y 4) el cuarzo es depositado a veces con adularia y calcita. Ejemplos en estos cambios son evidenciados en numerosos depósitos (Nash, 1972; Slack, 1980; Buchanan, 1980).

Cabe señalar que en el depósito de Carlin Nevada, el oro fue depositado debajo de la zona de ebullición, la ebullición existió después, posiblemente durante la depositación del oro (Radtke et al, 1980). En conclusión la depositación de la mayor parte del oro es el resultado de la ebullición.

Los cambios en el pH existen cuando los volátiles exholven soluciones hidrotermales. La oxidación concurrente libera los iones de hidrógeno, teniendo un decremento en el pH (Barnes y Czamanske, 1967 p. 375). En particular la vesiculación de HS^- ó H_2S bajó tanto como el pH y la solubilidad del complejo del tío oro (Ewers y Keays, 1977 p. 1348).

Recientemente, los investigadores comenzaron a utilizar los isótopos estables, como sustitutos del mercurio, antimonio, arsénico y bario que frecuentemente se han utilizado como trazadores de oro. Los isótopos de hidrógeno, oxígeno y azufre llegan a manifestar zoneamiento, como resultado de la interacción isotópica, entre los fluidos y las rocas encajonantes. Los análisis de S^{18} , S de roca, así como las S^{34} de las piritas podrían, por lo tanto, dirigir la geoquímica de exploración para cualquier área de interés entre zonas de rocas inalteradas y el centro de actividad hidrotermal. Esta técnica analítica constituye un nuevo método para localizar posibles - blancos de exploración.

DEPOSITOS EN VETAS

Los filones de un alto grado de oro y plata son típicos depósitos hidrotermales de baja temperatura, como los famosos yacimientos de los -- distritos mineros cerca del oeste de Norteamérica.

Algunas características de este tipo de este tipo de mineralización son:

- 1.- Rocas huésped volcánicas, comúnmente como andesitas, dacitas y riolitas.
- 2.- La edad de la mineralización es del Terciario Superior Medio (Mioceno-Oligoceno) en el oeste de Norteamérica.
- 3.- Existe un control estructural importante de la mineralización y alteración frecuente por domos volcánicos, cuellos y chimeneas.
- 4.- Alteración propilítica y zeolítica. La adularia coexiste con una silicificación extensa comúnmente acompañada de mena. Zonas de alteración sericitica y argílica se desarrollan alrededor de muchas vetas. La litología de la roca huésped juega un papel importante en la de-terminación de las alteraciones predominantes.

La alteración solfatárica o argílica avanzada es evidente en muchos-sistemas de vetas (tabla No. 3).

- 5.- Emplazamiento a poca profundidad, usualmente menos de 1000 m, varios terminan con la profundidad o pasan dentro de vetas de cuarzo estéril.
- 6.- Se tiene el predominio de metales preciosos que están asociados con-As, Sb, Hg, Se, Te, Bi, y con menor proporción de sulfuros de metales base.
- 7.- Además del cuarzo como ganga común, existen adularia, calcita, fluorita, barita y pirita.

8.- La depositación se desarrolla bajo condiciones y presiones bajas (menos de 150 atm) y de temperaturas de baja a moderada (100-350°C).

9.- El zoneamiento vertical en los depósitos de oro es muy raro; no obstante, son patentes concentraciones de arsénico a poca profundidad y sulfuros de plata, selenio, bismuto y telurio existen en las partes de la veta. El zoneamiento vertical continuo con minerales de sulfuros de metales base a profundidad, es muy raro.

La descripción anterior es aplicada también a depósitos de vetas y brechas en el sistema geotermal Broadlands. Las características en común son obvias.

La fluorita y barita frecuentemente se asocian con depósitos de vetas y brechas. La barita es una ganga común en depósitos de oro diseminado. A pesar de que la fluorita es reportada en este tipo de yacimientos - (Cruson, M.G. 1981). Estos dos minerales no son indicadores determinantes de oro, pero pueden correlacionarse a los procesos activos en la concentración de los metales preciosos, ya que la solubilidad de ambos minerales se incrementan con la temperatura y con la cantidad de NaCl en solución (Holland y Malinin, 1979 p. 471-474, 495-500). La barita y la fluorita existen en preconcentraciones en muchas riolitas y pueden penetrar dentro de la solución por interacción de estas rocas con aguas termales (Ellis, Mahon, 1964, 1967), más bien que por contribución magmática directa. Mahon (1964) descubrió que las concentraciones de fluorita son muy grandes en aguas calientes ácidas y con vapor de temperatura alta asociados con centros volcánicos activos (5000-6000 ppm) que en otras aguas termales y fumarolas (1-12 ppm). Un simple enfriamiento es más importante en los mecanismos de depositación de fluorita y barita. Es observado en numerosas localidades que la precipitación en un ambiente fuertemente oxidante es indicada por el sulfato de bario y por la asociación con alunita y caolinita. Esta es una evidencia de la asociación del oro en algunas zonas donde se tienen volátiles ricos en F emanando directamente de una colada riolítica; la fluorita se depositó por la reacción de los fluidos con calizas brechoides (Thomas Mountains, Utah; San Mateo Mountains, Nuevo México). El jaspe es-

común en algunas áreas y evidencian fluidos hidrotermales que son de baja temperatura, oxidación, acidez y/o CO_2 deficiente y enriquecidos en sílice y hierro férrico. Algunos de estos jaspes contienen oro (O'Neil and Bailey 1979).

Existen mucha similitudes entre vetas hidrotermales de baja temperatura y depositaciones en campos geotermiales, donde ambos rasgos son producto del mismo proceso geológico y geoquímico. Muchas vetas hidrotermales son indudablemente producto de la operación de un antiguo campo geotérmico de sistemas geotermiales antiguos.

TABLA 4.- TIPOS DE DEPOSITOS HIDROTERMALES DE ORO
(DE ACUERDO A SU ENSAMBLE DE ALTERACION)
PROPUESTO POR: A.J. PANSZE Y OTROS

A) DEPOSITOS EPITERMALES

- 1) Teleluros de oro: tipo veta (Cripple Creek; Fije; Rumania)
Au/Ag: 1; alteración de sericita-carbonato.
Espato de K comúnmente en vetas
- 2) Veta tipo alunítica (Godfield, Chinguashih, Taiwan; Kasuga, Japón; El Indio, Chile).
Au/Ag 1: on con As, Hg (Te); cuarzo-alunita-caolinita; alteración gradual fuera de la alteración argilítica.
- 3) Tipo veta normal de oro (Oatman, Balci, URSS; Begulo, Phil.).
Au/Ag 1; on con As, Hg; comúnmente adularia; silicificación, alte
ración argilítica.
- 4) Tipo diseminado Carlin (Carlin; Jemitt Canuon; Cortez; Getchell).
Diseminación de Au en sedimentos calcáreos y carbonosos.
Au/Ag 1; alto en As, Hg, Sb, Ti, Fi.
- 5) Oro diseminado en volcanes (Round Mtri; Borealis).
Au/Ag 1; alto en As, Hg, Sb, Ti, F.
Tobas: estratos de lagos cercanos, silicificación; extrema lixivia
ción; sericita.
- 6) Tipo veta-metal de plata básica.
Alteración de sericita y argilita [±] espato de K; Au/Ag 0.01; a me-
nudo Sb, rico en Se con algo de Pb, Zn, Cu; ocurre principalmente
en volcánicas intermedias; muchas vetas contienen adularia, calci-
ta y cuarzo.
 - a) Rico en Mn (Jan Juan, Tono Pah).
 - b) Pobre en Mn (Pachuca, Comstock, Guanajuato).

- 7) Tipo de plata diseminado (después de Braybeal, 1981).
Stockworks en intermedias volcánicas con alteración de argilita a sericita; silicificación pobre en Mn (Delamar, Rochester); rico en Mn - (Candelaria).

- 8) Oro diseminado en clastos sedimentarios (estrato de lagos).
Silice; barita; óxidos de Mn, Pb, Zn (Waterllo, Creede, Hardsell).

5.2 Situación Metalogenética Regional del Area

5.2.1 Franja Aurífero-Argentífera

La Sierra Madre Occidental que limita en la parte sur con el Eje Neovolcánico Transmexicano ha sido considerada como una región de interés económico-minero dado que existe una gran cantidad de yacimientos en donde permanece la asociación metálica Au-Ag; geográficamente se encuentra limitada (en la parte sur) con la porción noroeste del Estado de Jalisco y la porción central de Nayarit, presentando una continuación hasta la frontera México-Estados Unidos atravesando los Estados de Sonora y Arizona. Esta zona está limitada en su parte oeste por la planicie costera; por lo que respecta a sus límites norte, sur y oriente, éstos se encuentran controlado por la continuación de la Franja o Provincia Metalogenética Aurífero-Argentífera propuesta por Clark et al (1982). La configuración de esta área se ajusta a una franja paralela al flanco oeste de la Sierra Madre Occidental. Dicha franja tiene dimensiones de aproximadamente 500 km de largo por 60 km de ancho y su tendencia de orientación es NW-SE (Figuras Nos. 14 y 15).

El contenido elemental de estas especies minerales se ajusta a la distribución de las franjas metálicas propuestas por Clark et al., (1982), Núñez, M.A. y Torres, R.V., (1984), quienes afirman que la repartición de elementos metálicos en la parte centro occidental y noroccidental de México adquiere una conformación en franjas subparalelas a la línea de costa actual, caracterizada cada una por la predominancia de uno o varios elementos metálicos. Dicha franja está constituida por varios tipos de yacimientos que pueden pertenecer a distintas épocas metalogenéticas. Es evidente que dentro de un marco geológico de mayor detalle, sea posible esclarecer muchas dudas que existen todavía, respecto a la evolución metálica de la región.

Los yacimientos más conocidos de esta franja son de tipo filón como: El Barqueño en el Edo. de Jalisco; la Yesca, Distrito de Huaynamita y el Distrito de Cebadillas en Nayarit, Copala, Chacala, Mineral de Zamora, Aquincari, Veinte Onzas y San José de Gracia en Sinaloa, Tayoltita en Durango, siendo el yacimiento aurífero más rico de México. Existen yacimientos importantes como son: Guadalupe y Calvo, Concheño, Batopilas, Ocampo y Chinipas en el Edo. de

Chihuahua. Finalmente, se tienen los distritos de Lampazos, El Victor, Mulas y La Dura en el sur del Edo. de Sonora.

Las vetas que conforman este cinturón fueron producto de hidrotermalismo de media a baja temperatura, cuyo patrón estructural corresponde a fallas y fracturas con marcada orientación NW-SE y echados variables tanto al NE como al SW. Mineralógicamente estas estructuras están constituidas por oro libre, argentita, platas rojas, electrum, tetraedrita, calcopirita, pirita y especularita asociados a una matriz de cuarzo y en menor proporción sericitita. Las rocas encajonantes de estos depósitos son en su mayoría andesitas, tobas andesíticas, riolitas e ignimbritas, presentando diversos grados de alteración representados por silicificación, cloritización y propilitización principalmente. Asimismo, existen otros grupos pequeños de yacimientos que presentan mineralizaciones producidas por intrusivos granodioríticos emplazados en secuencias volcanosedimentarias (distrito de Cebadillas) y en secuencia de gneises y esquistos (área de Ahuacatlán). El hecho de que se le haya llamado franja metálica a la distribución de estos yacimientos, radicalmente en su coherencia metalogenética.

Se han realizado dataciones de intrusivos realizados por Gastil y -- Krummenacher (1979) en el Edo. de Nayarit que arrojan una edad de 97.6 ± 2.6 a 204 ± 3 m.a. (Cretácico Tardío-Mioceno Temprano). Se puede inferir entonces, que las mineralizaciones en el Edo. de Nayarit, asociadas a los intrusivos se produjeron desde el Cretácico Superior hasta el Mioceno y posiblemente hasta la parte del Plioceno.

De acuerdo con Gutiérrez M.I. (1986) se considera que la mayor parte de los filones de Au-Ag, se emplazaron del Eoceno Tardío al Oligoceno. Por lo cual, en el Oligoceno se produjo la mayor intensidad hidrotermal (Clark et al., 1979). Conforme al modelo de migración del arco magmático continental propuesta por Clark et al., (1979), parte de las mineralizaciones se produjeron cuando el arco migraba hacia el Este y otra parte en su regreso hacia el oeste. La diferencia en las edades de las rocas obtenidas para la misma franja en los distintos Estados puede explicarse por la distancia mínima de 40 km en la actualidad, mientras en Nayarit se encuentra prácticamente posterior al borde Pacífico y sin la interrupción de la mencionada -- franja.

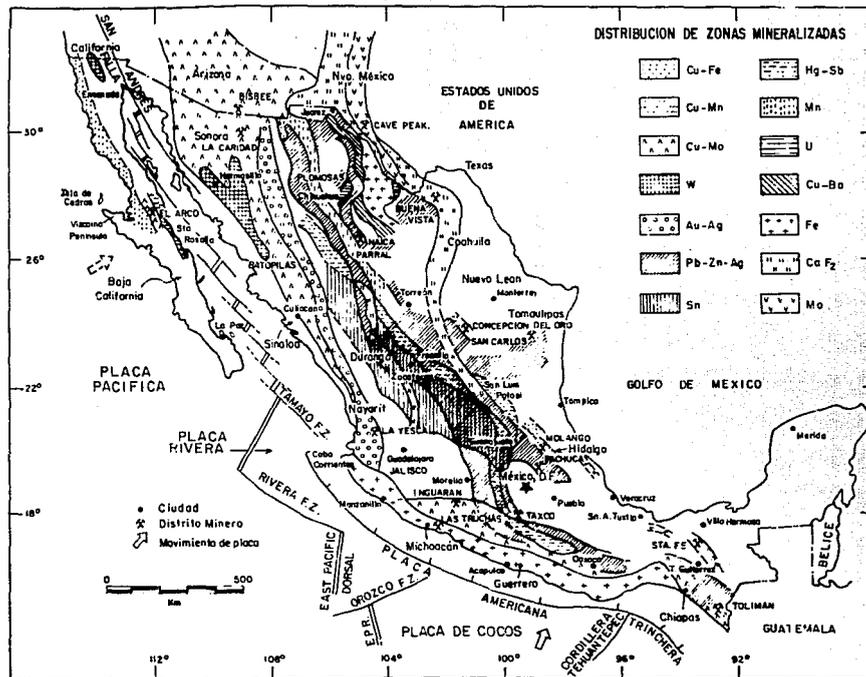
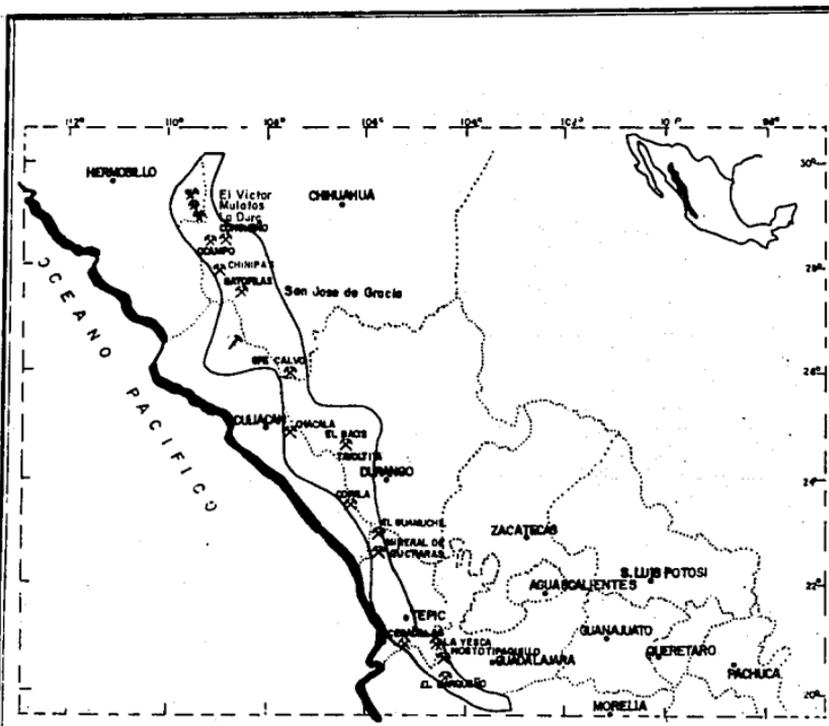


Fig. 14 Distribución de zonas de asociación de depósitos minerales a través de México y áreas adyacentes del suroeste de los Estados Unidos en relación a las áreas adyacentes Occidental y Transmexicano-Chiapaneco Moderno (Tomado de Clark et al., 1982) TESIS PROFESIONAL MIGUEL A. FRIAS GLEZ U. I. A. M



EXPLICACION

-  Distrito Minero
-  Limite de Estado
-  Oro en vetas asociado con plata

ESCALA GRAFICA



FIG. NO. 15 FRANJA AURIFERA-ARGENTIFERA EN EL NOROCCIDENTE DE MEXICO

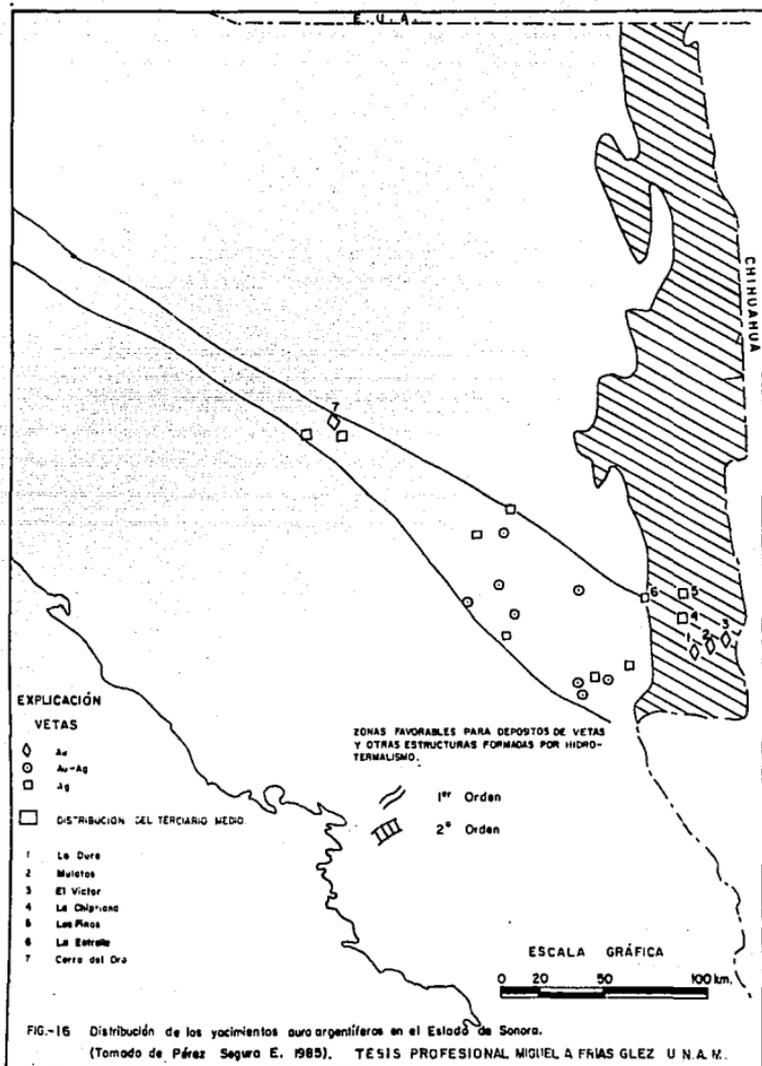
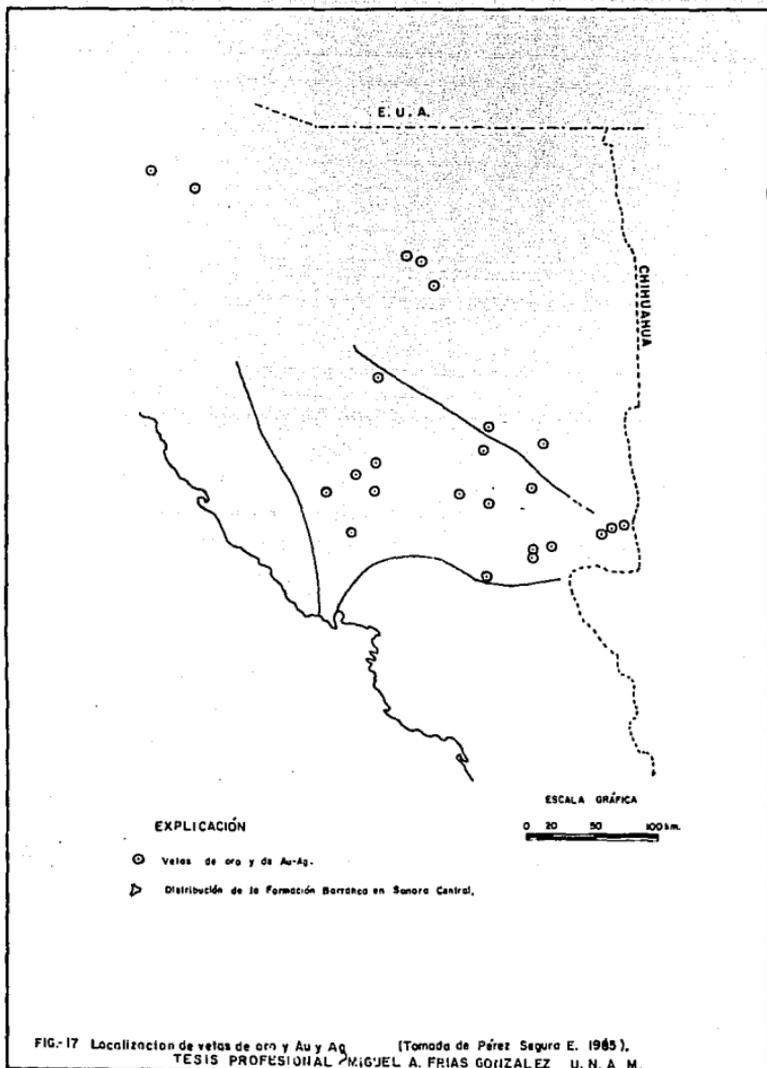


FIG.-16 Distribución de los yacimientos oroargentíferos en el Estado de Sonora.

(Tomado de Pérez Segura E. 1985). TESIS PROFESIONAL, MIGUEL A FRÍAS GLEZ U.N.A.M.



Por lo que respecta a la generación de estos yacimientos, corresponderían a una de las etapas más tardías de mineralización, relacionándola -- con el retroceso hacia el occidente de dicho arco.

5.3 Comparaciones Regionales con Otras Areas Mineralizadas

Hacia la parte Central y Noroccidental del Edo. de Jalisco y Suroccidente de Nayarit, se tiene un paquete volcánico constituido por basaltos, piroclastos (tobas, brechas, aglomerados), andesitas, andesitas porfídicas, riolitas e intrusivos de naturaleza granodiorítica, principalmente.

En la mayoría de las distintas vetas hidrotermales se ha reconocido que las rocas andesíticas son las más favorables para contener mineralización, por lo que debe catalogarse como el tipo litológico de mayor importancia a considerar en los programas de exploración.

En lo que respecta a los trabajos de interpretación de imágenes de satélite (Plano No. 3), se ha reconocido la presencia de amplias estructuras curvas de asociación plutónica a subvolcánica en el norte del país, como en el caso de El Nayar incluyendo distritos mineros como San José de -- Gracia y Copala. En el área de estudio se presenta mayor número de estos lineamientos, comparativamente más pequeños y con menor exposición de rocas subvolcánicas. Así pues, en el área de estudio las estructuras mineralizadas tienden a ser complejas, características de zonas someras comparativamente hacia el norte (San Sebastián, San Felipe de Hajar, Pijintos y - Cebadillas) las estructuras son más potentes, regulares y son típicas de zonas de profusa bisección del relieve, como respuesta al tectonismo a que ha estado sujeta el área. (Tabla 5, 5a).

A continuación se describe un breve resumen de lo que se ha estudiado en el área del Barqueño.

La mineralización está contenida en una serie volcánica piroclástica que gradúa de tobácea en la parte inferior, a aglomerática en la parte superior. Su composición es latítica en la zona mineralizada, variando a

TABLA 5

TIPO	FORMA Y DIMENSIONES	ROCA ENLAZANTE	ESTRUCTURAS	MINERALOGÍA	LARGA	ALTERACIÓN	CONDICIONES
masiva, fractura irregular	Betas blancas a profundidades con rumbo frías y azules azules hacia la superficie, la superficie se encuentra en la zona de resacas, se espesan promedio es de 5 m.	Rocas prismáticas de composición felsítica-rodolítica que constituyen principalmente de aglomerados, brechas volcánicas, tobas de lapilli y tobas gruesas.	El área está cubierta por el filamento basáltico en tres grandes bloques denominados: Aftosa I, Aftosa II y Aftosa III.	Calcopirita, pirita, bornita, gelena, azufre, hematita, limonita, sílice de óxido e hidratos de manganeso.	Cuarczo, clorita, epidotita, esferulita.	Cristalización, alteración, propilización, silificación, oxidación.	La mineralización típica se encuentra en relaciones de fisura y microfracturas. La mineralización - que ocurre en fragmentos en la zona de oxidación. En la zona de los metales - tiene el tipo claudicante.
masiva, fractura irregular	Largas tabulares, ocasionalmente presentan formas irregulares. Presentan espesores de 0.10 hasta 10 m que en ocasiones se fracturan en pedruzcos.	Fogón prismático anastomótico, está compuesto por una intercalación irregular de brechas, tobas y aglomerados, pudiendo haberse la constitución con las brechas de tobas con las de matriz arenosa, siguiendo las brechas y los aglomerados y finalmente espesas intercalaciones de un tipo tabular.	Es una estructura con un rumbo N100°E con un ancho de 30 m, su espesor varía desde 0.10 m hasta 10 m. Otras estructuras con presencia de pequeñas fracturas rellenas de sulfuros con rumbo N100°E y a veces se presenta vetillas de calcita.	Turmalina, molibdenita, electrum, galena, estafiritas, pirita y calcopirita.	Cuarczo, calcita, feldespato potásico, esferulita y fragmentos de pirita.	Cristalización, clorificación, apilización, propilización, silificación, oxidación.	Se ha determinado que existen dos niveles de mineralización de los cuales el nivel de sulfuros tiene importancia es el más importante, se que es el que contiene valores de Au.
masiva, fractura irregular	Betas de color azulado con un ancho variable de 5 a 15 m que en partes de 80% fragmentos de tres pedruzcos por los efectos del cambio de formas irregulares y pedruzcos.	Rocas prismáticas constituida esencialmente por tobas que están en su composición de andesítica a rhyolítica, predominantemente de constitución andesítica.	Brecha prismática con algunas manifestaciones de cuarczo, un cuarzo gris blanco, un cuarzo con desarrollo de vetillas de óxido, un cuarzo verde-bastante con algunas manifestaciones de pirita, un cuarzo leonado, irregular y vetillas de cuarzo posterior.	Hidruro, Proustita, bornita, calcopirita, molibdenita, hematita, y limonita.	Cuarczo, clorita, calcita, uranio de Fe y calcita.	Silificación, clorificación, oxidación, propilización y oxidación.	La mineralización se encuentra distribuida irregularmente en los diferentes tipos, principalmente en el cuarzo de grano fino a mediano, con impurezas e hidruro de óxido.
masiva	Betas de cuarzo con un ancho variable de 5 a 15 m, que constituyen hasta el 50% de la muestra.	La estratigrafía está representada por una alternancia de flujos de cenizas (tobas) y lava, la composición de estas rocas es predominantemente rhyolítica y andesítica con raras estructuras a basálticas.	Falta mineralización con orientación al SW, se presentan cenizas de un gran de grandes dimensiones, dicha graba es una depresión.	Argentita, estafiritas, bornita, calcopirita y pirita.	Cuarczo, epidotita, hematita, limonita y bornita.	Propilización, silificación, oxidación.	La mineralización se presenta en relieves de fisura como en vetas de Cuarczo.

VALLE DE GUICHU

TABLA 5A

<p>Deposita</p>	<p>El sistema de vetas ha sido dividido estructuralmente en dos partes. Las vetas son porción centro-sur y porción centro norte</p>	<p>En el parate del Grupo volcánico Inferior existen de intrusivos, tobas, diques y lavas de composición ácida e intermedia</p>	<p>Las vetas presentan un rumbo preferencial NE y NW. Un eje de E-W con echado aparente hacia el norte.</p>	<p>pirita, galena, magnetita, calcopirita, argenteita, polibestibulita, electrum y plata nativa.</p>	<p> Cuarzo, clorita, hematita, silicatos, albita, calcita, magnetita y yeso.</p>	<p>propilitización silicificación argilitización</p>	<p>La deposición mineral se dio en un sistema consecutivo hidrotermal, depositado por la intrusión de stock-work subsonico, epifita a profundidad del talote de Plarta. La mineralización está confinada a una</p>
<p>San Juan de los Rios</p>	<p>Presenta una faja alargada de dirección NE-SW de 200 mts. de anchura y 5 km de largo.</p>	<p>Consiste en una andesita porfírica de color verde, la cual presenta intercalaciones con brechas, tobas brecciosas de la misma composición. La unidad mineraliza está constituida de puzos y cuarzos.</p>	<p>SE agrupan de dos sistemas al primero corresponden a las minas, tiene un rumbo preferencial NW. El segundo tiene una tendencia de NE con aspas con vertaciones al norte franco.</p>	<p>pirita, calcopirita, bornita, galena y sulfalerita.</p>	<p>pirofilita, cuarzo, calcita, malaquita, y hematita.</p>	<p>oxidación silicificación clorificación propilitización oxidación</p>	<p>profund. de 450 m La mineralización es hidrotermal de fallero de fractura con minerales de baja a media temperatura. El oro se presenta asociado a la pirita y calcopirita.</p>
<p>Quevedo</p>	<p>Presenta un rumbo de 1500m. y un sentido vertical 170 m. mediante 13 niveles de explotación. De este manera la veta se ramificó presentando 7 hilillos. 5 de los cuales fueron de gran importancia.</p>	<p>Está caracterizada por una orientación preferencial NW, que coincide con el tren estructural de la Sierra Madre Occidental.</p>	<p>Está asociada a la secuencia volcánica del Terciario que es la caracterizada por depósitos de tipo andesítico y volcánico hacia su base donde predomina la mineralización de plata, y</p>	<p>oro, plata y pirita</p>	<p>cuarzo, calcita</p>	<p>oxidación silicificación propilitización oxidación</p>	<p>La mineralización se emplazó dentro de fracturas y fallas en el Oligoceno, formando vetas de importancia de las cuales derivan remolcos y en ocasiones se llegan a formar zonas de stock-work de gran importancia.</p>
			<p>arras de tipo oxidación que predomina el oro.</p>				



andesítica hacia el exterior del distrito.

Existe un cuerpo intrusivo de composición diorítica (Cerro El Barqueño).

Con los datos que se tienen actualmente se ha interpretado que el área está dividida por fallamiento NW-SE, entre grandes bloques, denominados Azteca I, Azteca II y Azteca III. El primero es el más levantado como lo evidencia el fallamiento intenso, el desplazamiento entre los bloques Azteca II y Azteca III no es de gran magnitud, por lo que existe discrepancia en cuanto a su movimiento relativo. Un fracturamiento de rumbo NE-SW transversal al anterior, subdivide a los bloques mencionados en otros menores, los que muestran un hundimiento escalonado, descendiente hacia el N, hasta el Arroyo del Rojo.

La asociación paragenética de la mineralización de oro (2a. etapa) - principalmente cuarzo adularia, definen niveles de mineralización intermedios y no superficiales, donde la calcedonia es abundante.

Se tienen reconocidas tres etapas de mineralización hipogénica - (primarias) y una cuarta supergénica (secundaria).

- 1) Cuarzo-calcopirita-bornita-pirita-galena-esfalerita-argentita.
- 2) Cuarzo-especularita aurífera-clorita-adularia. Contiene el oro primario.
- 3) Cuarzo-pirita. Es incipiente y estéril.
- 4) Hematita-limonita-wad menor. Es la etapa de enriquecimiento supergénico y la que hasta ahora se considera de interés económico.

Geoquímica de halos de mercurio. - Se ha observado que la concentración de mercurio en las muestras de suelo se incrementa hacia el E, mostrando el bloque Azteca III el valor de fondo geoquímico más elevado de los tres bloques, el mercurio está en el área relacionado en la asociación paragenética oro-hematita especular, aunque también se presenta en los sulfuros de metales base, existiendo en menos cantidad; puesto que la zona de mayor concen

tración de oro hipogenético se localiza cerca del nivel de ebullición se deduce que el bloque Azteca III es favorable para contener mineralización aurífera.

Litogeoquímica - La técnica geostatística de regresión múltiple dio la siguiente asociación de elementos: Au, Ag, Co, Hg, Be, Te y V. La prospección por oro puede hacerse utilizando estos elementos.

El análisis de grupos (Cluster análisis) dio las siguientes asociaciones:

Hg-Be:	Oro diseminado en la zona stockwork.
Au-Ag:	Oro-plata en vetas en la zona de bonanza.
Co-V-Te:	Alteraciones de la roca encajonante.
Zn-Pb:	Zona de sulfuros.
Ni-Cr:	Alteraciones de la roca encajonante.

Estos grupos parecen indicar que existe potencial para las zonas de oro diseminado (stockwork), de oro en vetas (bonanzas) y de sulfuros, respectivamente según los modelos teóricos. En estudios realizados de 21 muestras en el área de El Barqueño, indican que el rango de ebullición varía de 157 a 354°C en fluidos de baja salinidad (3.52-3.85% NaCl equivalente) dados para los que se obtiene una profundidad de 1350 mts., la zona de metales preciosos tiene un espesor de 600 mts (?) (informe de actividades realizadas en 1985, Asignación Barqueño, Jal. C.R.M. G.E.E.).

En el área del distrito de Cebadillas existen tobas, ignimbritas, mantos lávicos, pequeños diques y brechas polígníticas ígneas que varían en su composición de intermedia a ácida. En el Cerro Pelón existe una intrusión dómica de composición dacítica que ha conformado en sus zonas aledañas a una brecha de contacto, con presencia de stockwork y vetillas de relleno de cuarzo.

Desde el punto de vista estructural el área está conformada por dos patrones principales: Uno con rumbo NW-SE y el segundo con rumbo NE-SW. Muchas estructuras comprenden el primer patrón estructural. El cerro Cebadi-

llas se encuentra entre fallas normales, emplazándose, probablemente como un horst, respecto a los otros bloques tectónicos del área.

Los estudios litogeoquímicos y químicos por vapores de mercurio - corroboran las características estructurales antes mencionadas. Las anomalías geoquímicas por Au corresponden al patrón estructural NW-SE, mientras que la orientación de la anomalía de mercurio tiende a coincidir con el patrón NE-SW. En la intersección de estos sistemas de fracturamiento, en los casos en que hay coincidencia de valores altos de Au y Hg es donde se ubicarían los sitios con mejores perspectivas de mineralización.

Existen en el área del Cerro Cebadillas y el Cerro Pelón - - - diferentes tipos de alteración, unos debido a procesos meteóricos y ---- otras indiscutiblemente a procesos hidrotermales. En orden de importancia las principales alteraciones son: oxidación-caolinización, silicificación, caolinización, silicificación-oxidación-caolinización, oxidación y propilitización moderada.

Por medio del microscopio se observaron las diferentes alteraciones que afectan a los minerales y la composición de las rocas del área. Entre tanto, con los estudios de microsonda electrónica, se pudieron determinar las asociaciones mineralógicas presentes en las zonas o vetas - con más perspectivas de mineralización. Se observó la presencia de sílice con sulfuros, seleniuros de plata y pequeños puntos con partículas de electrum.

El estudio de oclusiones fluidas en muestras de la Mina La Olga (Cebadillas), indica que la ebullición se inició a los 300°C con fluidos de salinidad muy baja (2% NaCl equivalente) datos para los que se obtiene una profundidad de 1100 m, a partir de la paleosuperficie y que corresponde a una extensión vertical de la zona de metales preciosos de -- 700 mts (informe de actividades realizadas en 1986, Asignación Cebadillas, Nay., C.R.M G.E.E.).

Basados en modelos hidrotermales se proyectaron todos los trabajos con vistas a la prospección. La presencia de vetas, vetillas, altera

ciones de la roca y anomalías de Au y Hg nos indican que hubo una gran actividad hidrotermal en el área, sólo que dicha actividad parece haber sido poco profunda desde el punto de vista de la mineralización como para producir depósitos importantes.

5.4 Roca Encajonante.

El área La Ciénega, está formada principalmente por rocas en forma de derrames de tipo volcánico y subvolcánico perteneciente al paquete volcánico andesítico del Terciario y que son de composición intermedia (andesítico-dacítico).

En esta región la mineralización está contenida en las tobas andesíticas que sobrayacen al aglomerado andesítico.

Las estructuras mineralizadas "vetiformes" que existen en los "Bajos" se presentan en una relación discordante con la pseudoestratificación de las tobas andesíticas.

También según puede verse en el plano geológico que las vetas arraman en las tobas andesíticas y andesitas.

5.5 Estructuras Mineralizadas.

La zona de interés se localiza al NW y SW del poblado La Ciénega, donde llegan a aflorar quince cuerpos vetiformes; sin embargo solamente tres de ellos presentan interés económico inmediato. De esta manera, la prospección se puede continuar para tener conocimiento del comportamiento vertical y horizontal de la mineralización en las vetas.

Veta El Fresno

Se ubica al SW del poblado La Ciénega, su orientación preferencial es NE47°SW con una inclinación de 79° al SE.

Forma y Dimensión.- La estructura es del tipo de relleno de fisura de forma tabular con espesores que varían de 1.50 a 5.00 m y con un espesor promedio de 3.00 m. La estructura en parte se encuentra cubierta por suelo residual. La roca encajonante de la veta es de naturaleza andesítica la cual muestra coloraciones que varían de verde a gris oscuro con tonos amarillentos.

Mineralogía.- Los minerales observados megascópicamente son los siguientes: galena, pirita, esfalerita y óxidos de hierro (hematita y limonita).

Su relevancia es tal, que presenta las mayores concentraciones de minerales y es el filón que podría estar más próximo al foco de mineralización.

Veta Laura

Se sitúa a 2 km en línea recta al NW de la veta El Fresno. Está caracterizada por una veta-falla y un fracturamiento intenso, lo que favoreció el emplazamiento de los minerales de mena.

Forma y Dimensión.- Se presenta en forma tabular y como relleno de fisura, estando emplazada en una andesita y un aglomerado andesítico de color gris claro con tonalidades rojizas. La veta en sí presenta una forma lenticular, variando su espesor de 2 a 4 m y un desarrollo a rumbo de 900 m.

El rumbo de la estructura es de NE60°SW con una inclinación que varía de 75° a 88° al NW. Estructuralmente está caracterizada por una veta-falla y un fracturamiento intenso, lo que favoreció el emplazamiento de los minerales de mena.

Mineralogía.- La mineralización observada megascópicamente consiste de esfalerita, galena, pirita, malaquita, cuarzo y óxidos de Fe (hematita y limonita).

Veta Lupita

Forma y Dimensión.- La estructura es tabular y muestra una potencia de 1.0 m por una longitud visible de 80 m. Su roca encajonante es una toba andesítica muy alterada de color gris claro a oscuro con tonalidades rojizas.

Mineralogía.- Se observa pirita, óxidos de Fe representada por hematita especular y limonita, cuarzo cristalino. Sin embargo, los resultados fueron muy satisfactorios, por lo que se pueda deber a una posible lejanía del foco de mineralización.

En general, en toda el área se manifiestan pequeños filones con mineralización distribuida de manera errática, los valores de mena de estos filones son mayores conforme son más próximos a las vetas principales. Cabe resaltar que el paquete volcánico andesítico presenta diseminación de mineral de mena.

5.6 Alteraciones Hidrotermales

Las rocas del área de estudio han sido alteradas en varios grados por los procesos hidrotermales. Se han observado diferentes tipos de alteración, teniendo algunos una distribución regional y otros solamente restringidas a la proximidad de las estructuras mineralizadas. El conocimiento de la distribución y relaciones espacio-temporales de las alteraciones hidrotermales que afectan a las unidades litológicas en las vetas, es importante para evaluar en conjunto con otros parámetros, las posibilidades de persistencia de la mineralización.

Tipos y Características

En general, las alteraciones hidrotermales reconocidas en las vetas representadas por la cloritización, argilización, caolinización, silificación y propilitización.



Foto No. 12 Afloramiento de una estructura mineralizada en forma de crestón, donde se observa una alteración intensa



Foto No. 13 Afloramiento de una veta de cuarzo.





Foto No. 14 Silicificación intensa observada en creston mineralizado

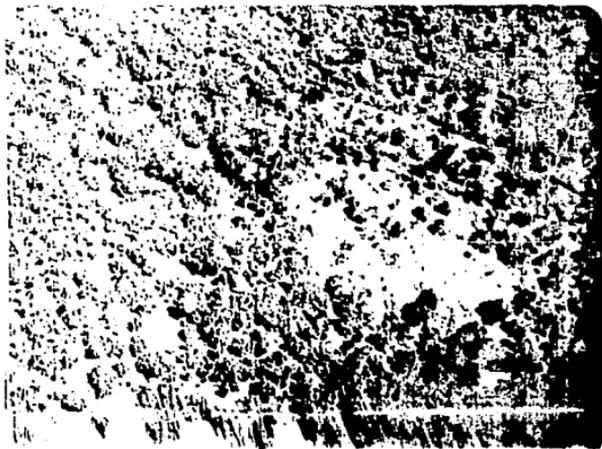


Foto No. 15 Lavada de color observada sobre el costado del rancho Los Bayes
como zona de alteración

Cloritización

Se presenta en toda la matriz desvitrificada de las rocas piroclásticas, rodeando los pequeños cristales de feldespatos en espacios vesiculares e intersticiales, formando reemplazamientos parciales en forma de inclusiones a fenocristales de feldespatos.

En los análisis de difracción y fluorescencia de rayos X de una muestra, se determinó a la proclorita como el tipo de clorita más abundante, - - existe también en menor proporción la pennina.

En general, la clorita de la matriz es la más débilmente pleocroica. La cloritización es generalmente una guía hacia otra alteración.

Argilización

A nivel megascópico se observan zonas totalmente arcillosas con tonalidades blanquecinas a gris verdoso. Estas zonas arcillosas se observan adyacentes a las estructuras mineralizadas y están muy ligadas a la caolinización y de hecho constituye una variación de ésta. Dos muestras de estas porciones se estudiaron por medio de difracción de rayos X, y se reconocieron minerales arcillosos y montmorillonita (nontronita); la primera en la cercana de las vetas y la otra en zonas más alejadas, las cuales determinan la asociación típica que define la argilización intermedia.

En estudios petrográficos se observó que los minerales esenciales -- que presentan esta alteración son la sericita y los minerales arcillosos - - (grupo del caolín), a veces presentan en pequeña escala otros minerales como calcita y pirita.

El grado mayor de alteración argílica se observa principalmente en el alto de las estructuras y la incipiente al bajo, graduando lateralmente a propilítica. La existencia de la argilización es limitada, pero constituye una guía confiable para la prospección de metales preciosos (Buchanan, 1981).

Caolinización

La alteración más notable es la caolinización, se observa en las partes adyacentes a las zonas mineralizadas en áreas, desde unos cuantos centímetros hasta varios metros de espesor. En la mayor parte de las zonas, la caolinización está relacionada estrechamente a una red de vetillas de cuarzo con óxidos de hierro en forma de "stockwork". En donde son más abundantes estas vetillas, es más intensa la caolinización. Microscópicamente está definida por el reemplazamiento parcial de los feldespatos por caolinita e illita. La caolinización tiende a disminuir a profundidad. En varias zanjas se observaron sólo intervalos de varios metros de caolinización con limonita.

Silicificación

De hecho, constituye la alteración de mejor desarrollo de todas las vetas y consiste de cuarzo en varios grados de cristalinidad, emplazado en forma de vetillas que miden desde varios milímetros hasta un metro, asimismo, el cuarzo se observa en cuerpos vetiformes de más de 5 m de espesor. Es muy común observar vetillas de cuarzo dispuestas en forma de "stockwork"; en la mayoría de los casos contienen óxidos de fierro conformando una textura crustiforme en la que con mucha frecuencia se observan pequeñas drusas. La alteración se localiza en las zonas adyacentes a las vetas, significa -- que a medida de que se aproxima más a la veta, la roca fracturada pierde -- progresivamente su textura original, además es común observar en los respaldos de las vetas y en la inmediata vecindad de las mismas.

Microscópicamente el cuarzo se observa en agregados de cristales -- anedrales y subedrales que yacen hacia el centro de las vetillas. Es evidente que el cuarzo relleno espacios preexistentes, como fracturas o fisuras, fallas y/o zona de brechamiento. En este último caso, la silicificación -- tiene mayores desarrollos, constituyendo así los cuerpos principales de las vetas. Esta alteración puede continuar a profundidad y se considera como -- una buena guía de mineralización.

Propilitización

El grado de alteración propilitica es variable, desde avanzada pasando por intermedia a incipiente, puede decirse que todas las rocas del área han sido afectadas por esta alteración en grado menor o mayor. Las andesitas son las más afectadas, por otro lado, los intrusivos muestran un grado de alteración incipiente. La propilitización incipiente a intermedia es la más extendida ya que es un fenómeno regional que afecta principalmente a la secuencia andesítica; la propilitización está caracterizada por la presencia de clorita, epidota y pirita, reemplazando parcialmente a las plagioclasas y ferromagnesianos, conservándose la textura original de la roca.

La propilitización avanzada es de distribución más local y afecta a las andesitas en contacto con las vetas, observándose principalmente en el alto de las estructuras. La textura original de la roca ha sido completamente destruida por los productos de alteración (clorita, epidota, calcita y pirita). Las rocas propilitizadas presentan un color gris verdoso, variando la tonalidad de acuerdo a la proporción de clorita. Esta guía se presenta muy relacionada a la silicificación.

5.7 Paragénesis, Sucesión e Ideas Acerca del Zoneamiento

Descripción de minerales analizados en el microscopio minerográfico y microsonda electrónica

Pirita (FeS_2). Se observó en cristales de contornos eudrales a subdrales, agregados masivos con inclusiones de oro nativo y a veces en los bordes de galena, parcialmente reemplazados por hematita. El tamaño de los cristales es variable, los cuales van de 0.08 mm hasta 0.4 mm, teniendo un diámetro promedio de 0.22 mm.

Galena (PbS). Ocurren en formas granulares aisladas o masivas, áreas irregulares y reemplazando parcialmente a esfalerita y calcopirita, a veces como un "anillo" en las áreas de estos sulfuros, y con inclusiones de argentita.

El tamaño de los cristales varía de 0.07 mm hasta 0.04 mm, teniendo

un tamaño promedio de 0.02 mm.

Calcopirita (CuFeS_2). Existe en forma irregular en el cuarzo, se presenta en menor abundancia.

Esfalerita (Zn, FeS). Se presenta conformando iguales observaciones que - la calcopirita y ocupa bordes de gran sector de galena.

Oro Nativo (Au). Se presenta como inclusiones en un cristal de piritita y - también en un sector más amplio adherido al mismo cristal. No fue determi- nado en las hematitas o en los agregados de piritita. Presenta poco conteni- do de plata en su composición, pero se estima menos del 10%.

Argentita (Ag_2S). Este mineral existe en numerosas inclusiones, algunas - alargadas siguiendo líneas de clivaje de la galena, otras en forma de go- tas. Abundantes en sectores, cuya densidad es absolutamente notable. La cantidad de inclusiones de argentita hace que la muestra sea muy alta en - plata. Las argentitas incluidas en galena que reemplaza esfalerita y cal- copirita pero menos abundantes, presentan impurezas de antimonio, sin que- se detecte un mineral particular de este elemento.

Tetraedrita Arcofífera (freibergita) $(\text{Cu, Ag})_{10}(\text{Fe, Zn})_2\text{Ca}_5(\text{Sb})_4\text{S}_{13}$. Al- gunas inclusiones redondeadas se presentan en la galena y son mucho más es- casas que las de argentita. La tetraedrita es pobre en plata (muy ricas - en cobre), e incluso en algunas inclusiones no se detecta el elemento. Asi- mismo, se observaron otros minerales cuyas relaciones más relevantes se in- dican.

- Un sulfantimoniuro de cobre-plomo (posiblemente bentonita $5\text{Pb} \cdot 9\text{Cu}_2\text{S} \cdot 7\text{Sb}_2\text{S}$). Algunas inclusiones redondeadas mayores que las de argentita y - freibergita.

Un mineral de cadmio y antimonio no identificado. Un par de inclusiones microscópicas poco diferenciables de las de argentita.

- Cuarzo (SiO_2). En el sector mayor de galena rellena grietas de crucero y forma cristales eudrales o áreas irregulares y sectores de aluminio-sili

**SUCESION PROPUESTA DE LA PARAGENESIS DEL AREA DE ESTUDIO
"LA CIENEGA", JAL.**

FASES MINERALOGICAS	PRIMARIO	SECUNDARIO
MENA		
Pirita (Fe S ₂)	_____	
Calcopirita (Cu Fe S ₂)	_____	
Galena (Pb S)	_____	_____
Esfalerita (Zn, Fe) S.	_____	
Argentita (Ag ₂ S)	_____	
Oro (Au)	_____	
Freibergita (Cu, Ag) ₁₀ (Fe, Zn) ₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃)	_____	
Bertonita (5PbS 9Cu ₂ S.7 Sb ₂ S)	_____	
Calcosita (Cu ₂ S)		_____
Covelita (CuS)		_____
GANGA		
Cuarzo (SiO ₂)	_____	
Adularia (K(AlSi ₃ O ₈))	_____	
Calcita (CaCO ₃)	_____	
Limonita (H ₂ Fe ₂ O ₄ (H ₂ O))		_____
Malaquita (Cu ₂ ((OH) ₂ CO ₃))		_____
Hematita (Fe O ₃)		_____

FIGURA No. 19

catos potásicos, cloritas, material arcilloso, hematita y un cristal euegral grande muy notable de circón $ZrSiO_4$).

De acuerdo a los minerales y a sus características texturales descritas anteriormente, se hizo una sucesión propuesta de la paragénesis - del área de estudio, la cual está descrita en el esquema de la Figura 19.

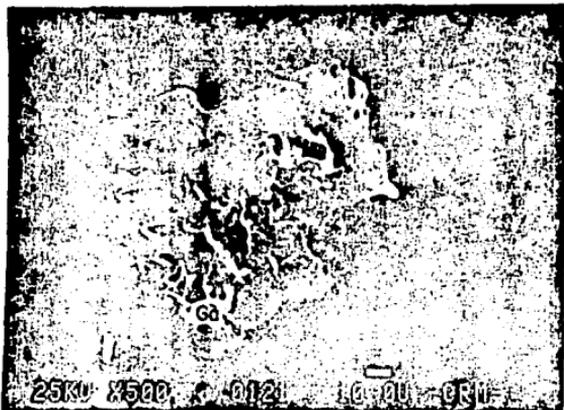
Ideas Acerca del Zonamiento.

El lugar de interés solo se presenta dentro de la zona de oxidación donde presenta una extensión vertical de 150 m. aprox., en la cual su extensión horizontal alcanza algunas decenas de metros. Asimismo al profundizar se llega a la zona de sulfuros en la cual el oro disminuye y la plata aumenta aunque el valor de la plata no es muy atractiva en esta región.

En lo que respecta al (modelo de Buchanan 1980) la mineralización de Au, Ag ocurrida en vetas y stockworks, en rocas volcánicas del Terciario, se asemeja a su gran mayoría. La alteración mineralógica depende de la litología de su roca encajonante en la cual las alteraciones de sus diferentes fases se han considerado de interés para los fines de la prospección y sobre todo al bajo de las vetas.

En un sistema hidrotermal de flujo vertical ascendente alrededor de un gran centro exhalativo. En este contexto se produce cierta mineralización en toda la extensión vertical de conducto, hasta la superficie donde se ve reducida la extensión horizontal de la mineralización a la cercanía de este centro. La salida de los fluidos hidrotermales a la superficie produce un casquete silicificado que sella los conductos. En este sistema, la concentración máxima de oro ocurre a profundidades relativamente someras aumentando la plata a mayor profundidad. Manantial Termal (Hot spring).

Por lo escrito anteriormente se puede concluir que el área "Los Baños" debido a su localización y al bajo contenido de minerales preciosos se le puede considerar como terminal o raíz de un cuerpo mineralizado principal en este caso, dicho cuerpo estará en el distrito minero de El Bar--

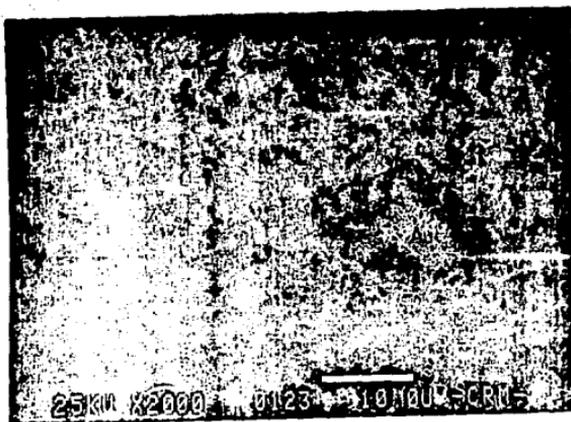


Microfotografía 16 Imagen producida por medio de E. S. donde se observa un cristal de pirita en matriz de cuarzo, que incluye galena (abajo, más brillante) y oro (X 500).

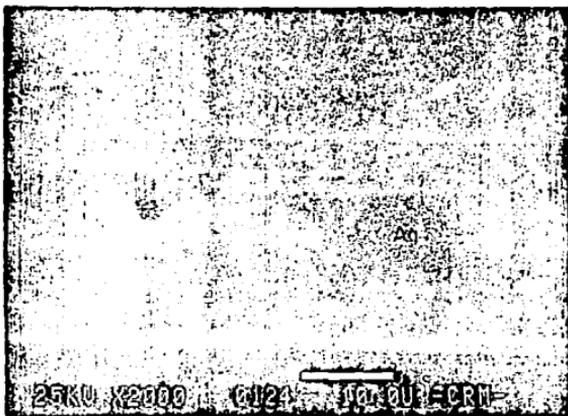


Microfotografía 17 Imagen producida por medio de E.S., ampliación del sector de pirita aurífera de la Microfotografía anterior (X 2000).

PALE



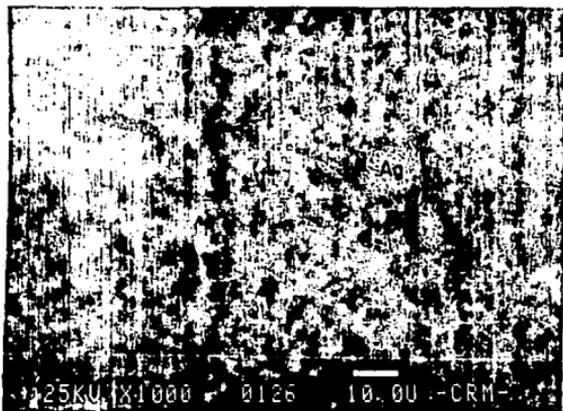
Microfotografía 18 Distribución de Au en el área de la Microfotografía 2. pet - 187.05. (Ma) (X 2000).



Microfotografía 19 Distribución de Ag en el area de la Microfotografía 2. pet -- 133.06(La₁) (Se indica distribución del elemento y no porcentaje, pues se están "mapeando" distintas radiaciones de Rayos-X (X 2000).



Microfotografía 20 Imagen producida por medio de E.S. donde se observan numerosas inclusiones de argentita en galena (X 1000).



Microfotografía 21 Distribución de Ag en el área de la Microfotografía 18. pet 133.06 (X 100).



Microfotografía 22 Imagen producida por medio de E. S. donde se observan sectores de galena (arriba a la izquierda) y de reemplazamiento de esfalerita por galena, la matriz es cuarzo (X650).

queño-Peña de Oro.

Es usual observar microfracturas y/o cristales fragmentadas de pirita y calcopirita rellenos por cuarzo y óxidos de hierro. (Tabla No.6).

5.8 Análisis de la Distribución de Prospectos en el Area la Ciénega.

5.8.1 Barqueño.

Roca Encajonante

La mineralización está contenida en una serie volcánica piroclásica que gradúa de tobacea en la parte inferior a aglomerática en la parte superior. Su composición es latítica en la zona mineralizada, variando a andesítica hacia el exterior del distrito.

Existe un solo cuerpo intrusivo, el cual presenta una composición diorítica (Cerro El Barqueño).

Al norte del área, existen zonas reducidas de basaltos postminerales de hasta 100 m de espesor.

Estructuras Regionales

Con los datos que se tienen actualmente se ha interpretado que el área está dividida por fallamientos NW-SE, en tres bloques denominados -- Azteca I, Azteca II y Azteca III, respectivamente. El primero es el más levantado, como lo evidencia el fallamiento intenso que fue intersectado por el socavón oeste del bloque Azteca I, impidiendo la continuación del mismo.

Aparentemente, el desplazamiento entre los bloques Azteca II y Azteca III no es de gran magnitud, por lo que existe discrepancia en cuanto a su movimiento relativo en sentido vertical, ésto deberá dilucidarse con estudios a mayor detalle así como evaluar la intensidad de la erosión que ha afectado a cada bloque, lo cual es de gran importancia para la estimación del volumen de reservas. Un fracturamiento de rumbo NE-SW, transversal al anterior, subdivide a los bloques mencionados en otros menores, -- los que muestran un hundimiento escalonado, descendente hacia el N, hasta el Arroyo del Rojo.

El yacimiento del Barqueño es de origen hidrotermal, de relleno de fisuras. La forma del depósito es de vetas en la parte profunda con ramifica--ciones en vetillas (stockwork) hacia la superficie. La zona aurífera se en--cuentra en la zona de vetillas, y no hay suficientes evidencias de que exista la zona de bonanza de los modelos de mineralización de oro. Las vetas de esta área se presentan en la zona de sulfuros de metales base.

En las rocas del área se observa una alteración propilítica incipiente en la que la clorita es el mineral más abundante, con epidota y albita distribuidas irregularmente. La caolinización es la alteración que está relacio--nada directamente con la mineralización de oro, y en el respaldo de las vetas se observa relacionada con la montmorillonita (alteración argílica); por lo -regular la caolinización está rodeada por la alteración propilítica.

El oro se encuentra en fase de absorción dentro de la especularita, - que presenta una asociación paragenética con cuarzo-clorita-adularia. La es--pecularita en ambiente superficial se altera a hematita amorfa, que posterior--mente puede limonitizarse; pro esta razón, el oro se encuentra asociado a to--do tipo de óxidos de Fe, en un tamaño submicroscópico que inclusive puede lle--gar a tamaños moleculares, inferior a la resolución del microscopio electrónico.

Las concentraciones altas de oro están asociadas a limonita y hematita, lo que junto con la alta relación oro-plata (mayor de 1) parecen indicar un enriquecimiento supergenético. Las vetas sin procesos supergenéticos tie--nen relaciones de 1/3 a 1/200. Este hecho puede ser determinante en la eva--luación de las reservas, ya que puede restringir la zona económica al nivel de oxidación.

Los datos de oclusiones fluidas y la presencia de metales base indi--can que el nivel de ebullición está cercano a la superficie actual en el blo--que Azteca II. Dicho nivel representa aproximadamente el límite entre los -metales preciosos y los metales base. Las características estructurales del bloque Azteca III son similares a las del bloque Azteca II y difieren de las del bloque Azteca I, estas diferencias deben cuantificarse mediante análisis de oclusiones fluidas.

Se reconocieron tres etapas de mineralización hipogenética (primaria) y una cuarta supergenética (secundaria):

- Cuarzo-calcopirita-bornita-pirita-galena-esfalerita-argentita. Puede ser económica en niveles paragenéticos inferiores, dependiendo del contenido de plata.
- Cuarzo-especularita aurífera-clorita-adularia. Contiene el oro.
- Oro primario, hasta ahora no se ha establecido si es económico. Esto debe investigarse exhaustivamente.
- Cuarzo-pirita. Es incipiente y estéril.
- Hematita-limonita-wad menor. Es la etapa de enriquecimiento supergenético y la que hasta ahora se considera de interés económico; es claro que esta situación restringiría el potencial económico de los depósitos a la zona de oxidación. Por tanto, debe investigarse detalladamente si los contenidos de oro de la specularita (primaria) llegan a ser de orden económico.

La asociación paragenética de la mineralización de oro (2a. etapa), principalmente cuarzo-adularia, definen niveles de mineralización intermedios y no superficiales, donde la calcedonia es abundante.

El estudio de oclusiones fluidas indica que la temperatura del punto de ebullición en el sistema hidrotermal de la Veta Azteca II, fue de -- 250°C, con una salinidad de 3.37% NaCl en peso y una profundidad del nivel de ebullición de 400 m aproximadamente, mientras que en la Veta Zapoteca, el punto de ebullición fue de 200° con la misma salinidad y una profundidad al nivel de ebullición de 200 m aproximadamente, lo que implica que la mineralización es más somera en esta veta.

Las evidencias de ebullición y el rango de las profundidades a que tuvo lugar este fenómeno, sugiere que el sistema hidrotermal tenía salida a la superficie. Este modelo se conoce como de manantial termal (hot - - spring), Elías, H.M. 1984).

5.8.2 Comparación con el Distrito Minero del Barqueño

La veta Azteca-Zapoteca y la veta El Fresno tienen la misma orientación y son lineales, esto sugiere que pudiera existir mineralización entre las dos áreas.

La posición estratigráfica de la mineralización es aproximadamente la misma. En el área de estudio la roca encajonante consiste en una toba andesítica a una andesita.

Estructuralmente en la veta Azteca-Zapoteca se tiene un patrón estructural NW-SE, principalmente representado por una serie de fallas de carácter normal, en la cual se definieron bloques con sus respectivos movimientos, así como aquellos con más posibilidades de contener mineralización. Particularizando el bloque de Azteca II, es el más productivo, ya que es el bloque más hundido del área de Pánico, Jal. En la veta Azteca-Zapoteca se observaron calcopirita, pirita, bornita, galena, esfalerita, especularita, hematita y limonita entre otros. (C.R.M. 1984).

La extensión vertical de la mineralización en el Distrito del Barqueño es mayor de 150 m en la zona de oxidación, mientras que en el área de estudio podría ser superior a los 200 m. En tanto disminuye la zona de oxidación, aumenta la zona de sulfuros de metales base y es ahí donde los valores de oro disminuyen hasta desaparecer.

5.9 Discusión Genética

Según ya se indicó, las vetas están emplazadas en una secuencia volcánica de composición intermedia, la cual está representada por andesitas y tobas de la misma naturaleza. En el área de interés es tentativa la relación del cuerpo ígneo intrusivo (granodiorita) con la mineralización, ya que el fracturamiento radial que éste produjo provocó el desplazamiento de las vetas (El Fresno y Vicky) en la porción occidental del mismo. Sin embargo, no se excluye el posible origen de las estructuras preminerales a partir del cuerpo intrusivo.

Tomando en cuenta uno de los mecanismos que dieron origen al sistema hidrotermal (Sillitoe, 1977), el origen de los metales, es posible considerar que fue a partir de una removilización producida por efecto de lixiviación del agua meteórica. El Au probablemente se transportó formando complejos con el Cl, el cual fue destruido debido a las oxidaciones intensas en zonas más someras.

Los metales pudieron ser derivados de las rocas volcánicas. Los óxidos muestran mayor contenido de oro que la pirita. Esto puede deberse a que el oro se precipitó en una fase tardía, después de la pirita, debido a la oxidación de ésta, lo que generó una corriente intensa de electrones que redujeron al oro del estado iónico al nativo. Esto podría explicar las profundidades tan someras a la que se ha encontrado el oro en toda la región, pues la oxidación no es importante a más de 150 m aproximadamente de la superficie original. En la medida en que la profundidad aumenta se tiene a la zona de los sulfuros de metales base y ahí el oro disminuye hasta desaparecer. Por lo tanto, el origen de la mineralización en el área puede ser explicado mediante la interacción de varios procesos geológicos que incluyen tectonismo y vulcanismo entre otras.

Las observaciones permiten reconocer textura de relleno típicas de yacimientos hidrotermales de baja temperatura (Linggreen, 1983 en Berger y Eimon, 1983); no obstante, existió un segundo fenómeno de concentración metálica relacionado a una lixiviación supergénica.

Al compararlos con la información bibliográfica postulada por Sillitoe (1977), Spooner (1981), en cuanto a estudios de inclusiones fluidas e isótopos estables para yacimientos minerales similares a las del área, se podría suponer que la mineralización sufrió una removilización producida por una celda convectiva, en la cual el calor pudo haber sido aportado por una cámara magnética somera, siendo el agua predominancia meteórica.

A continuación se explicarán los diversos criterios en que se apoyan los mencionados autores en los cuales clasifican los yacimientos en base a los resultados de las inclusiones fluidas e isótopos estables. Sillitoe

toe R.H., 1977, define varias características para esta clase de yacimientos originados por la removilización (celda convectiva) pero antes explica en - que forma adopta el término hidrotermal de baja temperatura.

Por otro lado, el depósito mencionado es definido por Schmidt para - describir a la mineralización que se emplaza a baja profundidad y normalmen- te en rocas volcánicas.

Las características definidas por Sillitoe para estos depósitos mi- nerales son:

- 1.- Estos yacimientos se encuentran comúnmente en secuencias volcánicas que cambian en cuanto a composición de andesita a riolita y de edad varían - del Cenozoico Medio al Tardío. En algunas ocasiones no hay una relación observable evidente con las rocas intrusivas.
- 2.- Las vetas ocupan fracturas de tensión preexistentes, incluyendo fallas - y se presentan en un cierto sistema o patrón de ramificaciones, los cua- les son más complejos hacia la parte superior (superficie). Las estruc- turas son más persistentes lateralmente y los clavos mineralizados que - están dentro de esas vetas, constituyen los cuerpos mineralizados llama- dos "Bonanza"; los stockworks pueden estar presentes.
- 3.- Los depósitos contienen, esencialmente metales preciosos en varias pro- porciones, pero también metales básicos. La plata se presenta como ar- gentita o (acantita), o sulfosales de antimonio, oro nativo, galena y - esfalerita respectivamente. El cobre es menos abundante pero se presen- ta como energita donde se desarrolla la alteración argílica.
- 4.- Son comunes las texturas crustiformes, coloformes, cavidades formando - drusas y las brechas interminerales, en las vetas todo lo anterior su- giere una baja presión confinante. Los minerales de mena y ganga son - típicamente de grano fino.
- 5.- El emplazamiento es de baja profundidad, varía de 100 a 1000 m por deba- jo de la superficie y es recalado por la abrupta terminación hacia aba

jo de la mineralización o el incremento de sulfuros de metales básicos a -
expensas del oro y plata.

Es importante mencionar que las características antes descritas en general cumplen con los rasgos concentrados en las vetas que comprende este trabajo.

Para esta clase de yacimientos minerales, Sillitoe considera que -
los constituyentes de los fluidos hidrotermales son predominantemente de -
agua meteórica con una contribución magmática.

Por lo tanto, el área comprende un yacimiento hidrotermal de baja-
temperatura (según Schmidt), en donde los fluidos hidrotermales que le die-
ron origen estuvieron constituidos principalmente por agua meteórica.

Spooner en 1981, agrupa las características físico-químicas medias
encontradas en las soluciones hidrotermales de los principales tipos de ya-
cimientos de sulfuros en un medio volcánico.

Considerando los criterios que se han expuesto anteriormente se --
puede definir que el área "La Ciénega" es de tipo hidrotermal de metales -
preciosos, baja salinidad (0.5 a 7.5% peso equivalente de NaCl), temperatu-
ra de formación que varía de 157° 350° y de baja profundidad emplazada en-
rocas volcánicas.

5.10 Posibilidades Económico-Mineras

La actividad minera en la región del área La Ciénega está patenti-
zada por el desarrollo actual de las áreas mineras de Mascota, Los Reyes,
San Sebastián del Oeste, Navidad, Ameca y Guachinango (Plano No. 3), exis-
tiendo a la fecha numerosas obras mineras de desarrollo variable, labra-
das principalmente sobre estructuras mineralizadas que conservan rumbos -
NE-SW y NW-SE.

Entre los depósitos que destacan por su importancia económica-mi-

nera se tiene el de Mascota, donde existen las obras mineras del Rosarito, La Penitenciaría, El Gaucho y Papaya reportando valores que varían de 7 gr/ton de Au y 42 gr/ton de Ag (Sandoval S.H. 1980, microfilm TII40075 C.R.M.).

En el distrito de Los Reyes se tienen algunas obras, donde se reportan valores de 3.5 gr/ton de Au y 438 gr/ton de Ag.

En el distrito de San Sebastián del Oeste, se tienen obras mineras como las de Los Cruces, Santiago, Los Reyes, El Tajo, La Quitería, Penitenciarío, El Ocote, Santa Isabel, San Miguelito y El Camichín, reportándose valores promedio de 6 gr/ton de Au, 70 gr/ton y 0.0251% de Pb.

En el distrito de Navidad se tienen obras mineras representadas por San José de las Agujas, Lourdes, El Poblano y Los Lobos, reportándose valores promedio de 0.5 gr/ton de Au, 9.2 gr/ton de Ag (Sandoval S.H. 1980, microfilm I40075 C.R.M.).

En la zona de Ameca se tienen obras mineras como son: El Rosarito, La Penitenciaría, El Gaucho, El Aguacate, La Sorpresa, Murciélagos, Culiacán y El Quite, todas estas someras y de poco desarrollo predominando tiros y cruceros.

En el distrito de Guachinango, se localiza el fundo minero de la - Catarian, que contiene obras mineras como Santa Catarina 2, El Nuevo Durango y Nueva Santa Catarina. Existe otro fundo de gran importancia como es El Barqueño I Sur, que contiene estructuras mineralizadas como la de Azteca I, Azteca II, Zapoteca y Las Tórtolas, la mayoría de éstas someras y de poco desarrollo (Baca C.I. 1977 microfilm TI0043).

No.	Descripción	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cu %
1	Higuerita	2	27	0.8	0.1	0.54
2	Fresno Centro	4	18	0.2	0.2	0.01
3	Fresno tabla izquierda	0.12	14.6	3.4	2.9	0.08
4	Fresno tabla derecha	0.02	15.7	0.3	1.7	9.28

+ Análisis químicos que fueron realizados en el laboratorio de la Cía. Fresnillo, S.A. de C.V.

No.	Descripción	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cu %
1	El Ocotillo	4	689	2.7	1.3	0.27
2	-	1	49	0.8	0.1	5.33
3	Terrero	Tr	35	0.0	0.1	0.3

+ Análisis químicos que fueron realizados en el laboratorio Cuatlahuac en Guadajalajara, Jal.

CORTO PLAZO

Uno de los objetivos a cubrir en trabajos de exploración a corto plazo, es considerar áreas de recomendación que fueron elaborados en trabajos regionales y semidetalle en donde también se hallan obtenido resultados interesantes - durante el muestreo preliminar, así mismo considerando áreas con barrenos, resultados del muestreo que se obtuvo durante el trabajo realizado como en el área - El Fresno. Se pueden programar trabajos de barrenación para una evaluación más definida.

MEDIANO Y LARGO PLAZO

Realizar trabajos de geología regional y semidetalle apoyados en planos topográficos, fotografías aéreas y bibliografía existente con el fin de interpretar rasgos estructurales, estructuras mineralizadas y zonas de alteración incluyendo visitas de reconocimiento, obras mineras y crestones mineralizados. -- Así mismo, realizar muestreos de esquirlas de roca, canal, mapear los indicios de mineralización más interesantes que se observan, ya que sirven como guías para continuar con la prospección. En base a la cartografía, muestreo superficial y resultados obtenidos se delimitaron zonas de recomendación como en las áreas de Los Bayos y Colorado Norte, mientras que otras áreas se desechan porque no resultaron interesantes.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La secuencia litológica está representada por andesitas, tobas andesíticas, aglomerados andesíticos y basaltos. Esta secuencia se encuentra afectada por intrusivos de naturaleza granodiorítica y diorita.

Mediante diagramas estereográficos se observó un arreglo reticular de terminándose dos sistemas de fallamientos, uno es NE56°- SW/22°SE y el otro es E-W/38°N.

Las rocas encajonantes de las vetas están cloritizadas. En general, se considera que las rocas manifiestan una propilitización incipiente. Estas alteraciones están muy difundidas y no son una buena guía en la prospección de áreas o zonas muy específicas.

El tipo de mineralización más importante lo constituyen las vetas - con rumbos predominantes NE-SW y con buzamiento al SE que arman en la secuencia andesítica y eventualmente en los cuerpos plutónicos.

La alteración hidrotermal que está estrechamente ligada a la mineralización es la colinización, la cual varía a una alteración argílica intermedia (esencialmente caolín y montmorillonita) hacia las zonas mineralizadas. Esta alteración no sólo se observa ligada a las vetas el Fresno y Laura, si no a la mayoría de las vetas del área de la Ciénega, por lo que constituye una buena guía en la prospección.

La paragénesis está constituida por galena, argentita y tetraedrita argentífera. En un cristal de pirita se determinaron varios sectores de -- oro con bajo contenido de plata, también el oro se presenta en estado libre y electrum.

Se reconocieron varias etapas hidrotermales, la principal desde el punto de vista económico está constituida esencialmente de cuarzo-hematita especular con menores cantidades de clorita y escasos cristales de adularia, esta asociación mineralógica rellena espacios vacíos recristalizados defi-

niendo una textura crustiforme. Las zonas mineralizadas al igual que las rocas encajonantes están muy fracturadas y fragmentadas por una tectónica distensiva posterior.

El tipo de mineralización corresponde a yacimientos hidrotermales de baja temperatura con una estructura de relleno de fisura.

Recomendaciones

Considerando los trabajos realizados y los resultados obtenidos - en las principales estructuras se recomienda:

- Realizar una serie de zanjeos en la porción SE, para tratar de buscar la continuidad de las estructuras mineralizadas, ya que se observan - ciertos indicios de mineralización.
- Realizar estudios metalogenéticos que permitan determinar paragénesis, zoneamiento, alteraciones, temperatura de depósito y estimación del nivel de mineralización económica.
- Aplicar métodos eléctricos de geofísica (resistividad o polarización - inducida) que conduzcan a la localización de áreas anómalas en las estructuras del área.

B I B L I O G R A F I A

- Allan, J.F., 1984. Geological studies in the Colima Graben SW México. Ph. D. Thesis, Univ. of Calif., Berkeley, 136 p.
- Allan, J.F., 1985. Lam prophyric lavas in the Colima Graben SW México. - Cont. Mineral. Petrol. en prensa.
- Almazán-Esqueda, S.R. 1980. La geomorfología estructural aplicada a la ubicación de los yacimientos metálicos en la región centro sur del Estado de Nayarit, I.P.N. E.S.I.A. Tesis Profesional (inédita).
- Alvarez-Rosales Lucio, Rosas-Sánchez Leticia: Análisis tectónico-metalogenético en el prospecto "El Barqueño, Jal." Tesis Profesional - - U.N.A.M. 1984.
- Atwater Tanga, 1970. Implications of plate tectonics for the Cenozoic - tectonic evolution of Western North America. Geol. Soc. America Bull. v. 81, p. 3513-3536.
- Barrashi, W. and Venkatakrishnam, R. 1982. Timing of late cenozoic volcanic and tectonic, events along the western margin of the North America Plate in: Andesites, Ed. R.S. Thorp John Willy e Jims, P.I. 23.
- Barnes, Humbert, L., 1979. Geochemistry of hydrothermal ore deposit 2nd. ed: Wiley and Sons, New York, 508 p.
- Barrera, Tomás., 1931. Zonas mineras de los estados de Jalisco y Nayarit: Inst. Geol. México Bol. 51, 109 p.
- Barton, B.P., & Kinner, J.B. (1979). Sulfide mineral stabilities, in geochemistry of hydrothermal ore deposit, 2nd. ed. Edition by H.L. Barnes. Wiley Intersciences. p. 278-403.
- Benioff, H. Orogenesis and deep crustal structure: additional evidence - from seismology. Geol. Soc. Am. Bull. 65, p. 385-400.
- Berger, B.R. and Eimon, P.I., 1982. Comparative models of epithermal silver gold deposits. Society of Economic Geologists, Cameron Symposium, Dallas, Tex., February 15-16, 1982.

- Berger, B.R., Bethke, P.M. Edit. Soc. Econ. Geol. Reviews in Economic Geology, v. 2 - sig. 553 Reg. 10833.
- Bernard, J.A., 1972. Metallogenic processes of intrakarstic sedimentation. Int. Sediment. Cong. Heidelberg.
- Bostrom, K., and Peterson, M.N.A., 1966. Precipitates from hydrothermal - exhalations of the East Pacific Rise: Econ. Geol. v. 61, p. 1258-1265.
- Bostrom, K., Rydell, H. and Joensum, 1979. Langban: An exhalative sedimentary deposit: Econ. Geol., v. 74, p. 1104-1129.
- Boudal, C. y C. Robin, 1984. Etat de connaissances sur le volcan Popocatepetl - evaluation des risques bull. PIRPSEV 98, 77 p.
- Boyle, W.R. (1979). The geochemistry of gold and its deposits, 2nd. ed. Edited by H.L. Barnes: Wiley-Interscience (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Geological Survey of Canada, Bull. 280, 584 P.D.
- Buchanan, H.L (1981). Precious metal deposits associated with volcanic environments in the South West. Arizona Geological Society Digest, v. XIV. Tucson, Arizona, Edited by W.R. Dickinson & W.D. Payne.
- Cantagrel, J.M., A. Gourgand y C. Robin 1985. Repetitive mixing events and holocene pyroclastic activity at Pico de Orizaba and Popocatepetl (México) Bull. Volcanol., en prensa.
- Cathelineau, M., R. Oliver y D. Nieva, 1985. Geochemistry of volcanic series in the Los Azufres geothermal field (México). Geofis. Int. Special volume in mexican volcanic Belt-Part 3 (Ed. S.P. Verma), sometido.
- Cantagrel, J.M. and Robin, C. 1978. K-Ar dating on eastern mexican volcanic rocks-relations between the andesite and alkaline provinces: Journal of volcanology and geothermal research, v.5, p. 99-114.
- Clark, K.F., Foster, T., Cenozoic mineral deposits and subduction related magmatic areas in Mexico-Geological Society of America, Bulletin, v. 93, p. 533-544, June.

- Clark, K.F., Dow, R.R. and Knowlig, R.D., 1979. A fissure vein deposits related to volcanic and subvolcanic terranes in Sierra Madre Occidental province, Mexico: Nevada Bureau of Mines Report 33, p. 189-302.
- Clark, K.F., Damon, P.E., Schutter, S.R., y Shafiqullah, M. 1979, b, Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metálicos: Memoria XIII, Convención Nacional. Asoc. Ing. Min. Met. y Geol. de México p. 8-57.
- Clark, K.F., Paul E. Damon, Steven R. Schutter y Mohamw Shafiqullah (1980). Magmatismo en el Norte de México en relación con los yacimientos metaíferos. Consejo de Recursos Minerales con la colaboración de la Universidad de Texas en el Paso E.U., Universidad de Iowa, Iowa City E.U.
- Clifton, H.E., Hunter, R.E., Swanson, F.J., and Phillips, R.L. 1969. Sample size and meaning full gold analysis U.S. Geol. Surve. Circ. 545, 11 p.
- Coney, P.J. and Reynolds, S.J., 1977. Cordillera Benioff zones: Nature 270 p. 403-406.
- Coney, D.J. 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y El Caribe: Revista del Inst. Mex. de Pet., V. 15, Nº 1 p. 6-15.
- Damon E.P., Nieto Obregón J. y Delgado Argote L. 1979. Un plegamiento Neogénico en Nayarit y Jalisco y Evolución Geomórfica del Río Grande de Santiago Asoc. Ing. Min. Met. Geol. de México, Memoria XIII Convención Nal. Acapulco, Gro. p.p. 156-191.
- Damon E.P., Shafiqullah M., Clark K.F. (1981) Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the southern cordillera. Arizona Geological Society Digest, volumen XIV. Tucson, Arizona. Edited by W.R. Dickinson, W.D. Dayne p. 137-154.
- Delgado A.L., Gastelum F.A., y Orozco F.M. 1978. Aplicación de imágenes de de satélite Landsat-1 en la reinterpretación de lineamientos y tectónica del Estado de Nayarit: VII Seminario Interno del C.R.M.
- Delgado Argote, L.A. Estudio metalotectónico de Nayarit utilizando imágenes de satélite. Tesis profesional U.N.A.M. 1984.
- Demant, A. y Robin C. (1975).- Las fases del vulcanismo en México: Una sin tesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico, Rev. del Instituto de Geología Nº 1, p. 70-83 U.N.A.M.
- Demant, A., Mauvois R., Silva L. 1976. El Eje Neovolcánico Transmexicano: III Congreso Latinoamericano de Geología, Excursión Nº 4, México.

- Demant, A. Alan, 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación: U.N.A.M. Instituto de Geología, - Revista Vol. 2, Nº 2, p. 172-187.
- Demant, A. (1979). Volcanología y Petrografía del sector occidental del - Eje Neovolcánico: U.N.A.M. Instituto de Geología, Revista Vol. 3 Nº 1, p. 39-57.
- Demant, A. and Nixon, G.T., Reynolds, S.J.Z. 1980. Geodinámica del Eje Neovolcánico Transmexicano In: Demant A., 1981. These de Doct. D'Etat, - 259 p.
- Demant, A., 1901. L'axe Neovolcanique Transmexicain Etude Volcanologique - et petrographi qui: signification geodynamique these de Doct d'Etat. Univ. d'Aix-Marseille, 259 p.
- Díaz, C.F., y Mooser F., 1972. Formación del graben de Chapala: Soc. Geol. Mex. Memoria II (resumen) p. 144-145.
- Dickinson, W.R., and Snyder, W.S., 1978. Plate tectonics of the Laramide - Orogeny: Geological Society of America Memoir 151, p. 355-366.
- Douglas, M.J. Jr., Albison T., and Sawkins, J.F. (1982). Geologic and --- fluid inclusion studies of the Tayoltita silver-gold vein deposit. Du rango, Mexico. Econ. Geol. V. 77, p. 1120-1145.
- Dreier, J., 1984. Regional tectonic control of epithermal veins in the wes- tern United States and Mexico, In Arizona Geological Society Digest, Vol. XV, p. 28-50.
- Echegoyén, S.J. y Almazán, V.E., 1958. Inventario de minerales de mangane- so en el estado de Jalisco: Bol. 54, C.R.N.N.R.
- Eimon, P.I., 1981. Exploration for epithermal gold and silver deposits: -- the epithermal model: First international symposium of Small Mine Eco- nomics and Expansion. Taxco, Mexico, May 17-21, 1981.
- Ewers, G.R., and Keays, R.R., 1977. Volatile and precious metal zoning in the Broadlands geothermal field, New Zealand: Econ. Geol., V. 72, - - p. 1337-1354.
- Ferriz, H., 1985. Zoneamiento composicional y mineralogía en los productos eruptivos del centro volcánico de los estados de: Puebla, México. Geo física Internacional, Special Volume en México the Volcanic Belt-Part I (Ed. S.P. Verma), 24 21-24.

- Ferriz, H. y G.A. Mahood, 1984. Eruption rates and compositional trends at Los Hornos volcanic center. Puebla, México, J. Geophy. Res. 89 8511-8524.
- Ferriz, H. y G.A. Mahood, 1986. Volcanismo riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano, Geof. Int. Vol. 25-1, p. 117-156.
- Edmon, J.M., Von Damm K., and McDuff, R., 1982, The chemistry of the hot - springs in the East Pacific Rise and the dispersal of their effluent: Nature, V. 297, p. 187-191.
- Ewers, G.R., and Keays, R.R., 1977, volatile and precious metal zoning in the Broadlands geothermal field New Zealand: Econ. Geol. Vol. 72, -- p. 1337-1354.
- Gilbet, C.M.G.A. Mahood y I.S.E. Carmichel 1985. Volcanic stratigraphy of the Guadalajara area, México Geofis. Int. special volume in mexican volcanic belt. Part 1 (Ed. S.P. Verma) 24, 169-191.
- Gastil, G., Kiummenacher, D., y Jensky, W.A. 1979. Reconnaissance. Geology of west-central Nayarit, Mexico: Geol. Soc. Am. Bull. Part I.
- Gastil, R.G., and others 1979. Reconnaissance geologic map of the central part of the Nayarit state, Mexico: Geological Society of America map and chart series N° M.C.-24, scale 1:2'000,000.
- Gerencia de Estudios Especiales, 1983. Informe de actividades realizadas durante el año de 1983 en el Proyecto Asignaciones Jalisco: C.R.M. Archivo G.E.E. N° de ref. 10.364.
- Goldfarb, M.J. Converse, D.R. Holland H.D. and Edmon J.M, 1983. The genesis of the hot springs deposits at the East Pacific rise. 21 N Econ. Geol. Monograph S.P. 184-197.
- Gunn, B.M. and Mooser F. (1970) Geochemistry of the volcanics of central Mexico, Bulletin volcanologique V. 34, p. 577-616.
- Haas, J.L. (1971). The effect of salinity on the maximum thermal gradient of the hydrothermal system at hydrostatic pressure. Econ. Geol. V. 66, p. 940-946.
- Hasenaca, T. y I.S.E. Carmichael, 1985. The Michoacan-Guanajuato volcanic field, central Mexico o Estimation of eruption age and vol. of under cones J. Vol. N° 1 Geotherm. Res. en prensa.
- Huespeni, R.J., Kesler, E.J., Ruiz J. Tuta, Z. Sutter, F.J. and Jones, M. L. 1984. Petrology and geochemistry in northern Mexico: Econ. Geol. V. 79, p. 87-105.

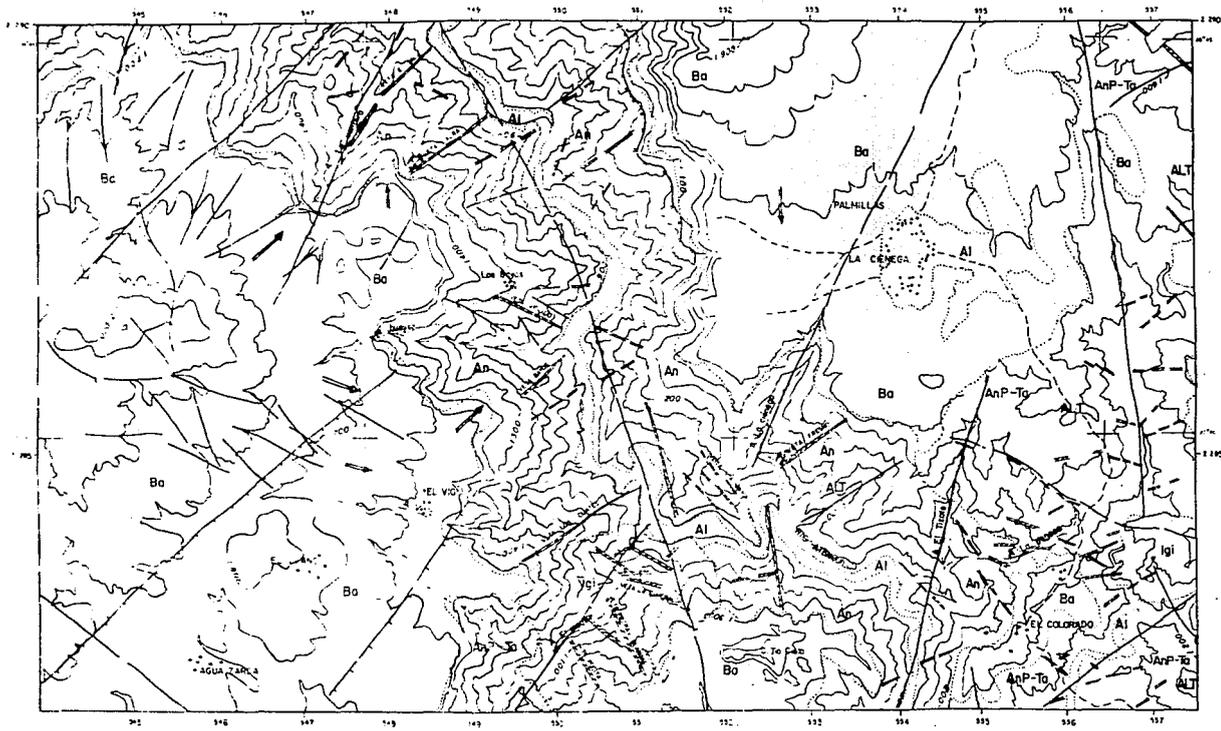
- Jensky, W.A. 1975. Reconnaissance geology and geochronology in the Bahía de Banderas area, Nayarit and Jalisco, Mexico (M.S. thesis) Santa Barbara, University of California, 80 p.
- J.N. Ludden R., Daigneault, E. Robert and R.P. Taylor. Trace element mobility in alteration zones associated with Archean Au lode deposits. *Eco. Geol.* V. 79, p. 1131-1141.
- Keith, S.B. 1978. Poleosubduction geometries inferred from cretaceous and Tertiary magmatic pattern in south western north american *Geol.* V. 6, p. 516-521.
- Kuzuart, M. and Bohmer, M., 1978, Prospecting and exploration of mineral deposits developments in *Economic Geology* 8: Elsevier Scientific Publishing Co. 431 p.
- Le Pichon Xavier, 1968. Sea floor spreading and continental drift: *Geophys Res.* V. 73, p. 3661-3697.
- Lindgreen, W. 1933. *Mineral deposits* 4th ed.: New York Mc. Graw Hill, 930 p.
- Lugo Hubp José y Ortiz Pérez Mario A. 1980. Análisis geomorfológico-estructural del conjunto montañoso de la región de Cabo Corrientes Jalisco: *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, Tomo XLI Nos. 1 y 2.
- Lurh, J.F. y I.S.E. Carmichael. 1985. Contemporaneous eruptions of calcoálcic and alkaline magmas along the volcanic front of the mexican -- volcanic belt: *Geofis. Int. special volume on mexican volcanic belt, part I* (Ed. S.P. Verma), 24 203-216.
- Luhr, J.F., S.A. Nelson, J.F. Adlan y I.S.E. Carmichael 1985. Active rifting in southwestern Mexico manifestations of an incipient eastward spreading-ridge *Jump Geology* en prensa.
- Luhr, J.F. y P. Lazaar, 1985. The southern Guadalajara volcanic chain, Jalisco, Mex. *Geofis. Int. special vol. on Mexican volcanic Belt-Part 2* (Ed. S.P. Verma), en prensa.
- Mahood S.A., 1977. A preliminary report on the comeditic dome, and ash - flow complex of Sierra La Primavera Jalisco: *Revista del Inst. de Geol. U.N.A.M.* vol. 1, N° 2, p. 177-190.
- Mahood A. Gail (1981). A summary of the geology and petrology of the sierra La Primavera Jalisco, Mex. *Journal of the Geophysical Research*, Vol. 86, N° B11, p. 10137-10152.

- McDonald, K.C., and Spiess, F.N. 1979 RISE: Geophysical experiments in the East Pacific Rise near 21°N (Abs): Eos V. 60, p. 376.
- McDowell Fred W., Clabaugh Stephen E. (1979). Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: Geological Society of America, Special Paper 1980.
- McDowell, F.W. and Keizer, R.P. 1977. Timing of mid-tertiary volcanics, in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan map scale 1:5'000,000.
- Merard H.W. 1978. Fragmentation of the Farallon plate by pivoting subduction Journal of geology, V. 86, p. 99-110.
- Mooser, F. (1970). Origen probable de la Faja Transmexicana. Resumen I, Convención Nacional Oaxaca.
- Nash, J.T. (1973). Geochemical studies in the park city district. Ore fluid in the Mayflower mine. Econ. Geol. V. 68, p. 34-51.
- Negendak, J.F.W. R. Emmerman, F. Mooser, F. Seifert Kraus y H.J. Tobschall, 1981. Evolution of some tertiary and quaternary central volcanoes of - the trans-mexican volcanic belt and possible differents; positions of the Benioff zone Zbl. Geol. Palaont 314, p. 183-194.
- Negendak, J.F.W., R. Emmerman, R. Krawcz y K.F. Mooser, H. Tobschall y D. Werle 1985. Geological and geochemical investigations of the eastern transmexican volcanic Belt-Part 2 (Ed. S.P. Verma), en prensa.
- Nelson, S.A. 1984. Geología del volcán Ceboruco Nayarit, Mexico con una estimación de rasgos de erupciones futuras. Rev. Inst. Geol. U.N.A.M.
- Nieto, O.J., Delgado A.L., Damon, P.E. 1981. Relaciones petrológicas y geomorfológicas del magmatismo de la Sierra Madre Occidental y del Eje -- Neovolcánico en Nayarit, Jalisco y Zacatecas: A.I.M.M.G.M. Memoria XIV Conv. Nal. p. 330-357.
- Nixon, G.T. 1982. The relationship between quaternary volcanism in central Mexico and the seismicity and structure subducted ocean lithosphere - Geological Society of America Bulletin, V. 93, p. 514-523.
- Núñez -Miranda A. y Torres Rodríguez V. 1984. Análisis metalogenético regional de la porción suroccidental de la República Mexicana, Tesis Profesional, U.N.A.M.
- Ojeda, R.J., Mapes U.E.. 1983. Reconocimiento geológico minero del área de cinco minas Jalisco, Boletín 58, C.R.N.N.R.

- O'Neil, J.R. and Silverman, M.L. (1974). Stable isotope relations in epithermal Au-Ag deposits: *Econ. Geol.* Vol. 69, p. 902-909.
- Pansze, A.J. 1975. Geology and ore deposits of the silver city Delamar-Flint region owyhee county, Idaho, Idaho Bureau of Mines and Geology Phamphlet No. 161, p. 79.
- Pansze, A.J., 1981. Applied geochemistry of epithermal gold systems, Golden - Colorado.
- Pansze, A.J. Cruson, M.G. and Watkins, T.J. 1983. Gold-silver deposits of the San Juan Mountains, Colorado: 1983 Mining Yearbook, Colorado Mining Assoc. Denver, p. 64-73.
- Pérez-Segura Efrén. Carta metalogenética de Sonora, Ed. 1985 Esc. 1:250,000: Depto. de Geología, Universidad de Sonora.
- Raisz E., 1964. Landforms of Mexico: Cambridge, Mass. Geographic Branch Office of Naval Research, 2nd. edition.
- Robin, C., 1984. Le volcan de Colima entant que "volcan laboratoire" In: *Pre vision et sur veillance des eruptions volcaniques, coloquio de la PIRSEY* p. 95-100.
- Robin, C. 1985. A model for the origin and development of the transmexican neo volcanic Belt: *Geofis. Int. Special Volume on Mexican Volcanic Belt-Part 3* (Ed. S.P. Verma) sometido.
- Robinson, B.W. (1974). The origin of mineralization of the tui mine, té Aroha, New Zealand, in the light of stable isotope studies. *Econ. Geol.* V. 69, p. 910-925.
- Roedder, E. (1967). Fluid inclusions as samples of ore fluids, in *geochemis- try of hydrothermal ore deposits*: Edited by H.L. Barnes, New York, Holt, Rinchart and Winston p. 515-574.
- Roedder, E. (1978). Fluid inclusions as samples of ore fluids in Barnes H.L. cd. *Geochemistry of hidrothermal, ore deposits*, 2nd. ed. New York Willey p. 684-737.
- Routhier, P. 1980. Cu'Sont les metaux pourt L'avieur les metaux pour metalli- ques essai de metallogenic globale mc. B.R.G.M. p. 105-409.
- Sawkins, F.J. 1982. Seminario metalogenético en los Arcos Cordilleranos: - - A.I.H.M.G.M. Distrito Sonora, 55 p.

- Scheabel, F.R. y Clark, D.F. 1983. Geología y mineralización en el Distrito Minero de San Martín de Bolaños, Jalisco: Asoc. Ing. Min. Met. Geol. - Méx.: Memoria XV, Guadalajara, Jal. Oct. 1983, p.p. 173-206, Conv. Nal.
- Servicios Industriales Peñoles (1979). Geología, Mineralización y Tectónica de la Hoja Puerto Vallarta, Jalisco, escala 1:250,000.
- Seward, T.M., 1973. Thio complexes of gold and transport of gold in hydro-thermal ore solutions: Geochim. Cosmochim. Acta, V. 37, p.p. 379-399.
- Skinner, B.J., and P.R. Barton Jr. (1973). Genesis of mineral deposits: - - Annual Review of Earth and Planetary Science, Vol. 1, Palo Alto, Calif. Annual Review p.p. 183-211.
- Sheridan, F. Michel (1972). Tobas de flujo cinerítico. Caldera y depósitos minerales, Sociedad Geológica Mexicana. Memoria II: Conv. Nal. Arizona State University, Arizona.
- Sillitoe, R.H. and Bonham, H.F. Jr., 1984. Volcanic Landforms and Ore Deposits: Econ. Geol. V. 79, Nº 6, p.p. 1286-1289.
- Soto-Gutiérrez M.A., Ortega-Martínez, J.G. (1982). Geología del río Santiago en los Estados de Jalisco y Nayarit, México.: Sociedad Geológica Mexicana, VI Convención Nacional, septiembre.
- S.P.P. (DETENAL) Carta topográfica Guahinango F13-D-62 Jalisco-Nayarit, escala 1:50,000.
- S.P.P. 1980. Carta estatal de regionalización fisiográfica esc. 1:1'000,000 (En: síntesis geográfica del Edo. de Jalisco S.P.P. 1981).
- S.P.P. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1982. Geología de la República Mexicana, 81 p.
- Stanton, L.R. (1972). Ore Petrology: McGraw-Hill International Series in the Earth and Planetary Sciences, 713 p.
- Stanley and Silver Handbook on Geology, Exploration production economics of large tonnage, Low grade deposits.
- Stanley W. Ivošević (1984). Gold and Silver Handbook on Geology, Exploration production economic of large tonnage, low grade deposits.
- Tamayo, L., Jorge (1946). Datos para la Hidrología de la República Mexicana: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Pub. Nº 84.

- Turner F. and Verhoogen J. 1960. *Igneous and Metamorphic Petrology*, second edition, McGraw Hill Book Company, 694 p.
- Urabe Tetsuro, 1982 a, *Geological Overview and mineral deposits of the Talpa Area, Jalisco Report of activity N° 3 (JICA-C.R.M.) inédito.*
- Urrutia, F.J. y del Castillo L., 1977. *Un modelo del Eje Neovolcánico Mexicano: Bol. Soc. Geol. Mexicana, V. 38, p.p. 18-28.*
- Urrutia, F. and Pal, S.Va., 1979. *Paleomagnetic data from Tertiary Igneous Rocks, northeast Jalisco, Mexico.*
- Valentín Iparrea, Jorge Alvarez, Alejandro Bello, Victor Martínez. *Algunas grandes estructuras geológicas en la porción sur de la Sierra Madre Occidental: VII Convención Nacional 1984.*
- Verma, S.P., 1984. *Alkali and Alkaline earth element geochemistry of Los - Humeros caldera, Puebla, Mexico. J. Volcanol. Geotherm. Res. 20, p.p. 21-40.*
- Verma, S.P., 1985. *Mexican Volcanic Belt. Geofis. Int. (Vol. Esp.) Part I (Ed. S.P. Verma) 24, p.p. 7-18.*
- Verma, S.P., M. López M., y D.S. Terrell, 1985. *Geochemistry of Tertiary - igneous rocks from Arandas Atotonilco area, northeast Jalisco, Mexico. Geofis. Int. Special Volume on Mexican Volcanic Belt, Part I (Ed. S.P. Verma) 24, p. 31-45.*
- Watkins, N.D., B.M. Gunn, A.K. Baksi, D. York, y J. Ade-Hall, 1971. *Paleomagnetismo, geochronology and potassium argon ages of the Rio Grande de Santiago Volcanics, Central Mexico: Geol. Soc. Am. Bull. 82, p.p. 1965-1968.*
- Weisberg, B.B. 1969. *Gold-silver ore-grade precipitates from New Zealand thermal waters: Econ. Geol. 64.*
- White, D.E. (1974). *Diverse origins of hidrothermal ore fluids. Econ. Geol. Vol. 69, p.p. 954-973.*
- White, D.E., 1981. *Active goethermal systems and hydrothermal ore deposits, in 75th Anniversary Volume: Econ. Geol. p.p. 392-423.*
- JICA-MMAJ Report on the Cooperative Mineral Exploration in the Jalisco - - Area, the United Mexican States, 1977.



EXPLICACION

LITOLOGIA

- Aluvi3n _____ [AI]
- Basalto _____ [Ba]
- Roca intrusiva (Diorita, granodiorita, macrodiorita) _____ [Igi]
- Andesito _____ [An]
- Andesito porfídico-Toba andesítica _____ [AnP-Ta]

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- Contacto geol3gico _____ [Symbol]
- Fractura _____ [Symbol]
- Falla _____ [Symbol]
- Rumbo y echado _____ [Symbol]
- Estructura mineralizada _____ [Symbol]
- Mina _____ [Symbol]
- Aterriciones _____ [ALT]

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Curvas de nivel _____ [Symbol]
- Arroyo _____ [Symbol]
- Arroyo _____ [Symbol]
- Poblado _____ [Symbol]
- Tendencia _____ [Symbol]

ESCALA GRAFICA





FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

PLANO FOTOGEOLOGICO DEL AREA LA CENEGA MUNICIPIO DE GUACHINANGO, JALISCO

Región 4. Área Conchales. FECHA: JUNIO 1967. No. 2.

