



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-I-85

13
2 Gen

Señor MONTERO URRUSQUIETA RENE.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Prof. Ing. -- Enrique Gómez de la Rosa, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"GEOLOGIA Y RECURSOS MINERALES DEL AREA ZACAZONAPAN-TEMASCALTEPEC, EDO. DE MEXICO"

- RESUMEN.
- I INTRODUCCION.
 - II GENERALIDADES.
 - III GEOLOGIA REGIONAL.
 - IV GEOLOGIA LOCAL DE LAS AREAS SANTA ROSA Y LA GUITARRA.
 - V YACIMIENTO MINERAL TIZAPA-SANTA ROSA.
 - VI YACIMIENTO MINERAL LA GUITARRA.
 - VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- INDICE DE PLANOS Y SECCIONES.
BIBLIOGRAFIA.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., Mayo 8 de 1985

EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez



Universidad Nacional
Autónoma de México

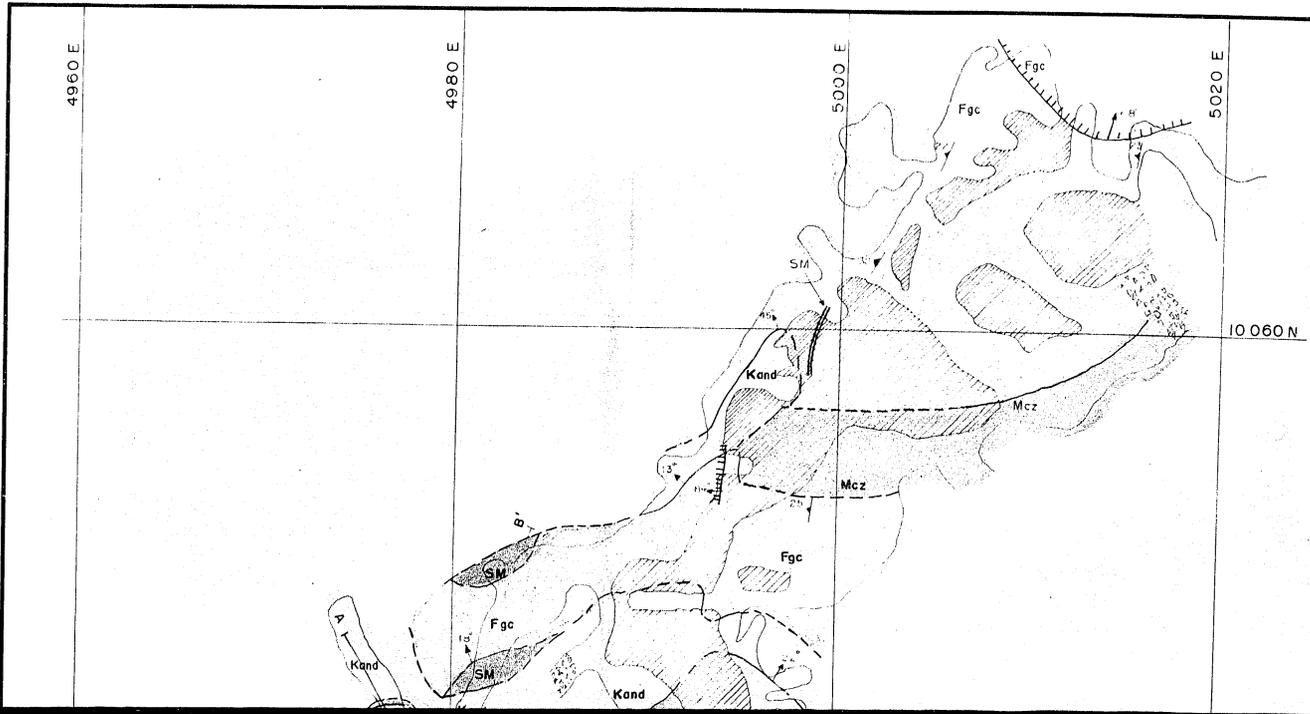


UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

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.



L E Y E N D A

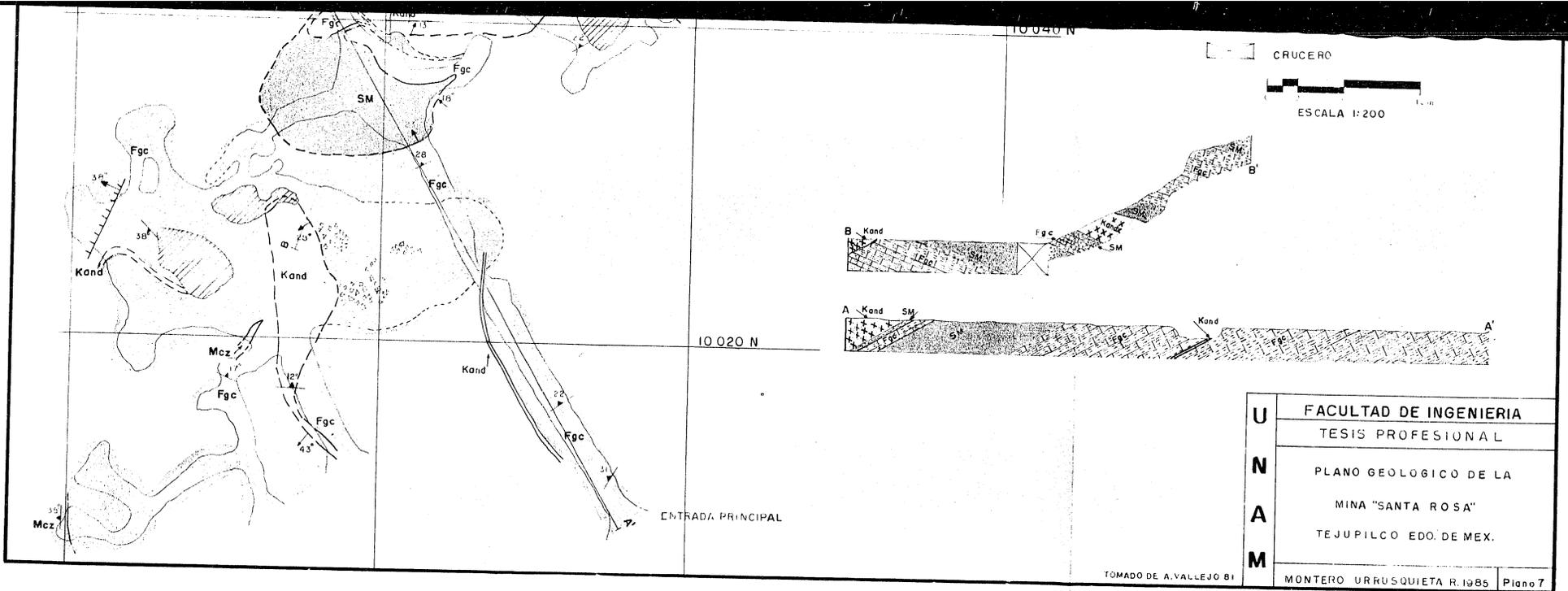
-  **Kand** ANDESITAS CRETICAS 
-  **Mcz** METACALIZAS 
-  **Fgc.** FILITAS GRAFITICAS Y CALCAREAS 
-  **SM** SULFUROS MASIVOS 

SIMBOLOS GEOLOGICOS

-  RUMBO Y ECHADO DE LA FOLIACION
-  CONTACTO GEOLOGICO
-  CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO
-  FALLA NORMAL
-  LINEA DE SECCION

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

-  OBRA MINERA
-  CAIDOS
-  DIFERENCIAL



CRUCERO

ESCALA 1:200

10 020 N

10 040 N

ENTRADA PRINCIPAL

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PLANO GEOLOGICO DE LA MINA "SANTA ROSA" TEJUPILCO EDO. DE MEX.
	MONTERO URRUSQUIETA R. 1985

Plano 7

TOMADO DE A. VALLEJO 81

E X P L I C A C I O N

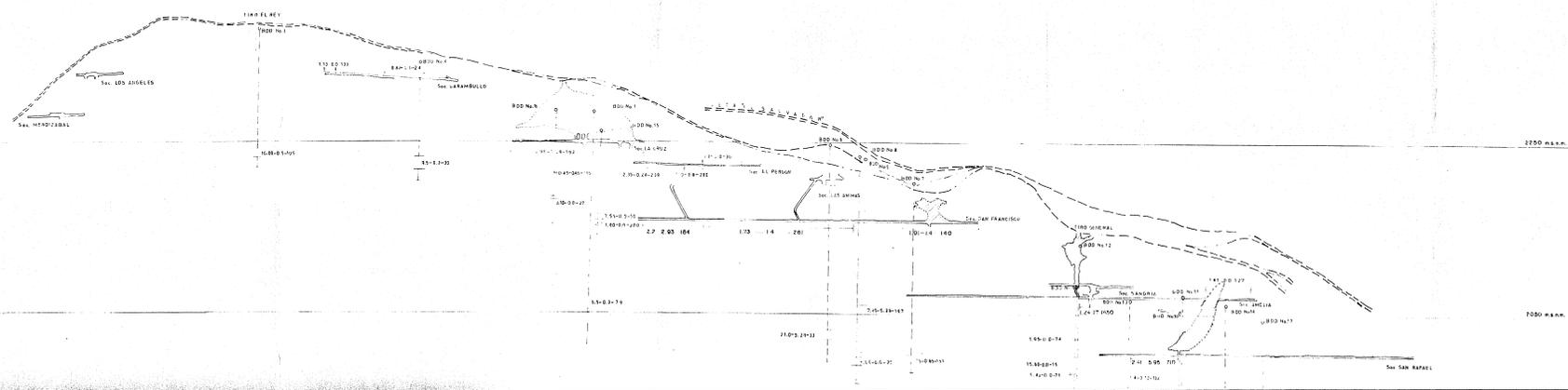
○ BARRENO DE DIAMANTE

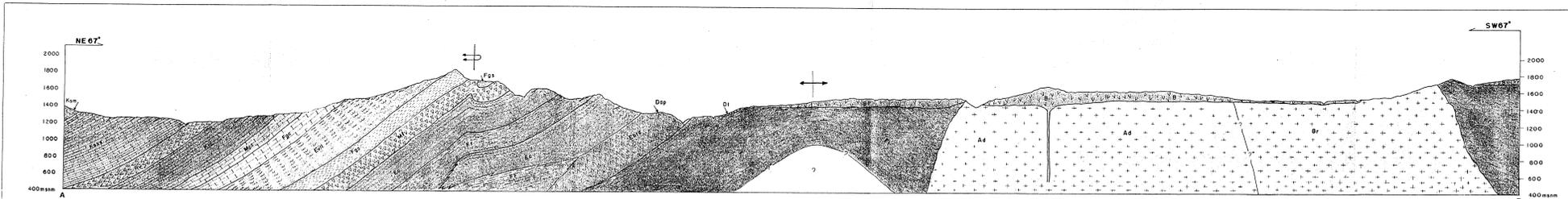
--- TRAYECTORIA DE BARRENO

--- ETA DE CUARZO

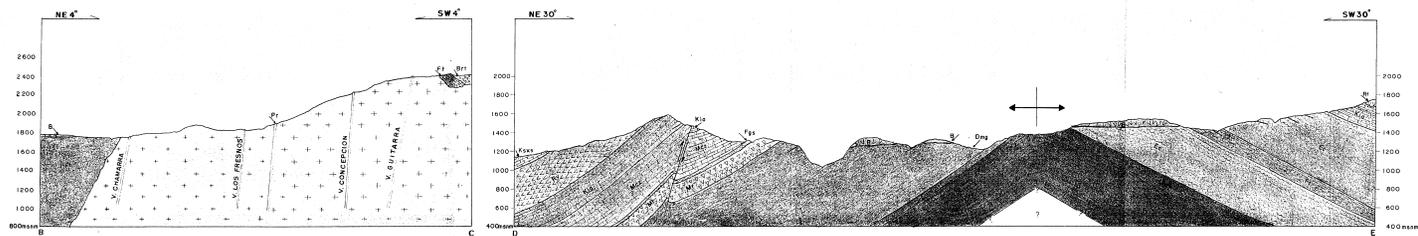
--- TRAMOS DE VETA CORTADOS
POR BDD Y ENSAYE
ANCHOS: Auligr/11 Aggr/11

--- OBRAS MINERAS

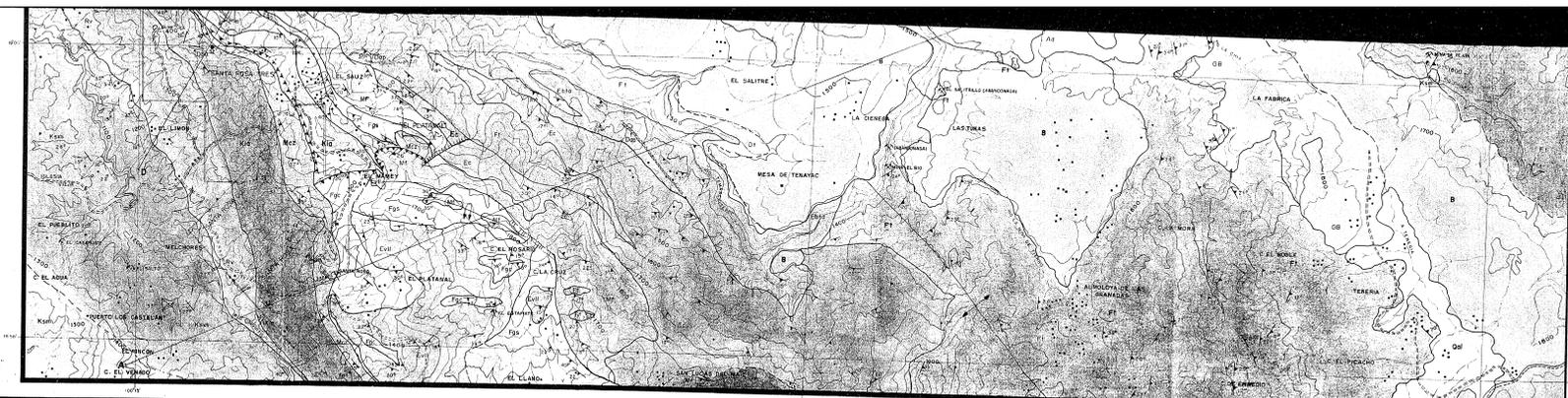




	Depositos de Talud y Aluvion
	Basaltos y Andesitas
	Sedimentos Lacustres
	Riolita Fluidal
	Rocas Igneas Intrusivas
	Adamellita(Ad)
	Granito (Gr)
	Grupo Balsas (GB)
	Brecha Tectonica(Brt)
	Formacion Malpaso
	Formacion Xochipala
	Miembro Superior
	Formacion Xochipala
	Miembro Inferior
	Formacion Amatepec
	Metacalizas
	Filitas Grafíticas y
	Calcareas
	Esquistos Verdes



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	SECCIONES ESTRUCTURALES DEL AREA
	JACAZONAPAN-TOMOCOTEPAC
MONTERO URRUSQUIETA RENE 1985 Plano 6	



---- FALDA INVERSA
---- FALDA INVERSA INTERIOR

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

----- CURVAS DE NIVEL CADA 50 Mts.
----- RIO
----- ARROYO
○ OTRA MINERA
○ TIRO, BARRIDO DE DIAMANTE
▲ MUESTRA DE MINERALES (Ag, Pb, Zn, Cu, Fe)
■ CASA AISLADA
----- CARRETERA PAVIMENTADA
----- TERRACERIA

0 100 200 300 400
 METROS

U N A A	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	GEOLOGIA DEL AREA

ZACAZONAPAN-TEMASCALTEPEC

C O N T E N I D O

RESUMEN

INDICE

CAPITULO I INTRODUCCION	Pags.
Antecedentes - - - - -	1
Estudios Previos - - - - -	4
Método de Trabajo - - - - -	8
CAPITULO II GENERALIDADES	
Localización - - - - -	9
Vías de Comunicación - - - - -	9
Servicios - - - - -	9
Situación Legal - - - - -	11
CAPITULO III GEOLOGIA REGIONAL	
Fisiografía - - - - -	13
Estratigrafía - - - - -	15
Augengneis - - - - -	17
Esquisto Cuarzo-Feldespáticos - - - - -	20
Filitas Temascaltepec - - - - -	22
Esquistos de Biotita y Tremolita-Actinolita-	25
Esquistos Campanario - - - - -	28
Metafelsita - - - - -	32
Filitas Grafíticas y Sericíticas - - - - -	35
Esquistos Verdes El Llano - - - - -	37
Filitas Grafíticas y Calcáreas - - - - -	40
Metacalizas - - - - -	42
Formación Amatepec - - - - -	45
Formación Xochipala Miembro Inferior - - -	48
Formación Xochipala Miembro Superior - - -	51

	Pags.
Andesitas Cretácicas - - - - -	54
Formación Malpaso - - - - -	55
Diques Básicos - - - - -	57
Grupo Balsas - - - - -	58
Andesitas Terciarias - - - - -	61
Rocas Igneas Intrusivas - - - - -	62
Adamellita - - - - -	62
Granito - - - - -	65
Diorita de Horblenda - - - - -	67
Diques Aplíticos - - - - -	68
Diques Micrograníticos - - - - -	69
Riolita Fluidal - - - - -	71
Pórfido Riolítico - - - - -	73
Sedimentos Lacustres y Conglomerados - - - -	75
Basaltos y Andesitas Basálticas - - - - -	76
Tectónica - - - - -	77
Historia Geológica - - - - -	80

CAPITULO IV GEOLOGIA LOCAL DE LAS AREAS SANTA
ROSA Y LA GUITARRA

Area Santa Rosa - - - - -	87
Area LA Guitarra - - - - -	89

CAPITULO V YACIMIENTO MINERAL TIZAPA-SANTA ROSA

Morfología - - - - -	92
Mineralogía - - - - -	92
Alteraciones - - - - -	93
Hipótesis Genética - - - - -	93
Potencial - - - - -	94

CAPITULO VI YACIMIENTO MINERAL LA GUITARRA	Pags.
Morfología - - - - -	99
Mineralogía - - - - -	100
Alteraciones - - - - -	101
Hipótesis Genética - - - - -	103
Potencial - - - - -	106

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones y Recomendaciones - - - - -	107
Bibliografía - - - - -	111

PLANOS Y SECCIONES

1) Plano de Localización Geográfica y Fisiografía - - - - -	10
2) Cinturones Acoplados - - - - -	83
3) Secciones Estructurales del Yacimiento-Mineral Tizapa - - - - -	95
4) Faja Mineralizada - - - - -	97
5) Geología del Area Zacazonapan-Temascaltepec Anexo	
6) Secciones estructurales del Area Zacazonapan-Temascaltepec - - - - -	Anexo
7) Plano Geológico Mina Santa Rosa - - - - -	Anexo
8) Sección Longitudinal Veta La Guitarra - -	Anexo

RESUMEN.

El área de estudio comprende 240 km² y se localiza en la porción suroccidental del Estado de México, 68 km al SW de la ciudad de Toluca y a 12.5 km al NE de Tejupilco de Hidalgo, Edo. de Méx. En ella aflora una secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada - de muy probable edad Jurásico-Cretácico, de la cual las rocas más antiguas son el Augengneis que constituye el basamento sobre el cual descansa un grueso paquete de rocas metamórficas de grado medio a muy bajo (parte baja de las facies de anfibolita a anquimeta morfismo).

La secuencia volcanosedimentaria fué intrusionada por un tronco de composición ácida (adamellita-granito) con variaciones en composición a diorita y a la vez por diques aplíticos y riolíticos; la cubren en forma discordante rocas del Grupo Balsas, sedimentos lacustres, conglomerados y derrames andesítico-basálticos.

La base de la secuencia volcanosedimentaria la constituye el Augengneis, le cubren en forma discordante esquistos cuarzo-feldespáticos que pasan gradualmente a filitas grafíticas; en la parte media de la secuencia predominan filitas interdigitadas con esquistos; hacia la cima se tienen filitas, metacalizas, subgrauvacas y lutitas asociadas a volcanismo submarino de composición intermedia-básica, esta secuencia alcanza aproximadamente 3,500m en espesor. Posteriormente se inician los primeros depósitos de origen continental de edad Terciario con las rocas del Grupo Balsas y los emplazamientos ígneos; un tronco de composición ácida con variaciones a diorita y actividad volcánica de composición ácida; por último con los sedimentos lacustres, conglomerados y los derrames andesítico-basálticos termina el ciclo de depósito.

Esta secuencia ha sido afectada por cuatro fases deformantes - compresionales, de las cuales las dos primeras se asocian a meta-

morfismo de grado bajo. La primera deformación se caracteriza por una foliación de plano axial S₁, asociada a plegamiento isoclinal y subisoclinal. La segunda plegó a la foliación S₁ en pliegues angulares asimétricos y produjo un crucero plisante S₂. La tercera la constituye el plegamiento anticlinal de magnitud regional. La cuarta fase post-eocénica está representada por un arqueamiento regional del eje de las estructuras de gran radio de curvatura y acompañada de los emplazamientos graníticos. Posteriormente aparece la etapa distensiva de edad Mioceno Superior-Cuaternario que está caracterizada por fallas normales y fracturamiento.

El Yacimiento Mineral de Tizapa-Santa Rosa, consiste de cuarpas lenticulares de sulfuros masivos bandeados, concordantes con la foliación de las rocas encajonantes, que son filitas grafiticas y esquistos de muscovita-clorita en Tizapa y filitas grafiticas y calcáreas en Santa Rosa. Los sulfuros masivos están constituidos por pirita, pirrotita, calcopirita, galena, blenda, cobregris y en pequeñas cantidades: covelita, bornita y argentita en una ganga de cuarzo y minerales arcillosos. Este yacimiento se clasifica como volcanogénico sinsedimentario.

El Yacimiento Mineral de La Guitarra, consiste de vetas de cuarzo emplazadas principalmente en el granito y ocasionalmente en brechas tectónicas. Los minerales se encuentran rellenando fracturas en el cuarzo y ocasionalmente en las rocas encajonantes (granito y microgranito) o en las brechas de cuarzo, formando "clavos" y también "bolsadas" en las drusas. La mineralogía consiste principalmente de sulfoarseniuros y sulfoantimoniuros de plata acompañados por galena, blenda, calcopirita, pirita, bornita, covelita, arsenopirita, estibinita, cinabrio y marcasita. Por la presencia de los minerales de plata como pirargirita, proustita, argentita, polibasita y pearcita, se clasifica como yacimiento hidrotermal de la etapa epitermal de filones de fisura y raramente de filones

de reemplazamiento. Al menos se reconocen dos generaciones de cuarzo, la primera la del emplazamiento de las vetas, las cuales su frieron movimientos a lo largo de éstas originando brechas del cu arzo primitivo y fracturamiento, permitiendo la entrada de la se- gunda generación y las soluciones mineralizantes.

CAPITULO I INTRODUCCION.

Antecedentes.

En la región al NW de Temascaltepec (al NE dentro del área de estudio) la presencia de mineral se conoce desde 1552, descubrimiento hecho en el extremo sur de la veta "La Guitarra", la cual se explotó siguiendo los clavos ricos en mineral de oro y plata. Este viejo distrito minero que tiene las obras antiguas más importantes en las zonas aledañas al poblado de Temascaltepec fué uno de los más productivos hasta antes de la Guerra de Independencia, cuando fué abandonado dicho poblado. Se tiene conocimiento de que en el período 1779-1782 se producían de 35 a 40 barras de plata al mes de las dieciocho haciendas de beneficio y varios hornos de fundición que existían principalmente en las margenes de los ríos Vado y La Presa.

Temascaltepec se volvió a poblar en 1819, pero prácticamente de 1810 a 1881 las minas estuvieron paralizadas, y en 1882 por investigaciones efectuadas en la mina El Rincón y en la Sierra de Temascaltepec se encontraron metales en los laboríos superficiales obteniendo leyes de 60-220 gr/t de Au y 18-107 kg/t de Ag.

En 1910 la American Rincon Mining, adquirió la mina El Rincón y en cinco años produjo más de 3 millones de onzas de plata y 17 mil onzas de oro. En 1917 las reservas éran de 78,680 t de mineral y para 1940 se agotaron, produciendo cerca de 2 millones de onzas de plata y 7 mil onzas de oro (actualmente se encuentran inundadas estas obras).

En el extremo norte de la veta "La Guitarra" en 1959 se volvieron a efectuar importantes obras por la Cía. Minera Ancimilco S.A. y hacia 1963 por la empresa Bensílice S.A., la cual se declaró en quiebra dos años después. En 1972 se reanudaron los trabajos

en esta zona por Contratistas Tormex S.A., la cual mapeó y muestreó toda la estructura tanto en superficie como en las obras mineras, efectuando una serie de 8 barrenos con diamante.

La Cía. Fresnillo S.A. de C.V. en 1980, realizó un programa de barrenación, así como muestreo y mapeo de las principales obras y de la estructura, obteniéndose buenos resultados por lo que a fines de 1981 el Proyecto La Guitarra entró en su tercera etapa de exploración con obras directas(3 socavones) para su evaluación.

Respecto a los sulfuros masivos del área Tizapa-Santa Rosa, en la cuadrilla El Mamey, cercana al poblado El Sauz, se localiza -- una pequeña mina(Santa Rosa) de la cual se tienen referencias que fué explotada por una compañía inglesa hasta poco antes de la Revolución Mexicana. A mediados de 1966 volvió a tener actividad la mina por unos meses, siendo trabajada por un grupo de mineros de Texcatitlan, Edo. de Méx.

A fines de 1974 la Cía. Fresnillo S.A. de C.V., adquirió el -- fundo minero Santa Rosa, iniciando en 1980 con la primera etapa -- de exploración; actualmente los fondos de Santa Rosa se encuen--- tran en la segunda etapa de exploración con un amplio programa de barrenación.

En el año de 1977 el Consejo de Recursos Minerales(C.R.M.) con el proyecto "Eje Neovolcánico" cuyos objetivos primordiales con--- sistían en evaluar el potencial minero de una área de diez mil ki lometros cuadrados, comprendida dentro de la Provincia Metalogéné tica Eje Neovolcánico(Salas 75), encontró al SE de Zacazonapan u--- na pequeña mina abandonada, de la cual se tiene conocimiento que fué trabajada en intervalos de tiempo discontinuos y que la ulti--- ma vez que se trabajó fué por el año de 1936.

La mineralización consiste en una serie de cuerpos lenticula--- res de sulfuros masivos; al analizar muestras de los terrenos y -- del interior de mina se obtuvieron buenos resultados por lo que --

se efectuó un estudio geológico detallado de la mina y de los terrenos que la circundan. Además se efectuaron investigaciones indirectas con los métodos eléctricos "Turam" y "Polarización Inducida" para obtener zonas anómalas y estudiarlas con barrenaciones con diamante, concluyendo que estas anomalías geofísicas no correspondían a ningún tipo de mineralización. El C.R.M. efectuó aproximadamente 100 B.D.D. para la evaluación del Yacimiento de Tizapa y su extensión en un radio de 4km, obteniéndose buenos resultados en áreas cercanas a la mina Tizapa(Mesa Tizapa fig. 35) logrando evaluar 2,500,000 ton. de mineral con leyes bastante aceptables y descartando las áreas cercanas al oriente de la mina Tizapa y el área al NE comprendida entre los arroyos Campanario y San José, donde los cuerpos de sulfuros masivos son irregulares y de poco espesor. También se realizó un estudio de vapores de mercurio sobre el Yacimiento de Tizapa(Mesa Tizapa) para comprobar la respuesta de este método geoquímico al yacimiento ya detectado por la barrenación con diamante, los resultados no fueron satisfactorios(probablemente la capa de basalto enmascara la mineralización, inutilizando este tipo de investigación indirecta).

Estudios Previos.

Referente a la zona de trabajo del presente estudio, existen diferentes estudios de carácter local y regional, de los cuales a continuación se mencionan brevemente los más significativos y/o que fueron consultados.

De los estudios de orden local se tienen: el estudio de Cardenas y Martinez(1947) del viejo distrito minero de Temascaltepec, en el que se describe brevemente las características del yacimiento argentífero, así como la descripción de diferentes obras mineras antiguas. Los diversos trabajos realizados por la Cía. Fresni

llo S.A. de C.V. al NW del distrito (veta "La Guitarra") para la evaluación de dicho yacimiento a partir de 1980.

Las tesis de maestría (Fac. de Ciencias, UNAM) en Tizapa, Municipio de Zazazonapan por Parga (81) y en Almoloya de las Granadas, Municipio de Tejupilco por Elías (81), presentan un estudio detallado de la evolución metamórfica de la secuencia volcanosedimentaria entre Tejupilco y Zacazonapan, así como su descripción y cartografía geológica detallada, a esta secuencia metamorfoseada le asignan una edad del Paleozoico Tardío y la consideran como terrenos de baja presión (2kb) y alta temperatura (500°-550°C).

La cartografía geológica y geoquímica de sedimentos de arroyo de la secuencia volcanosedimentaria entre Tizapa y Almoloya de las Granadas por Lopez Medel (83), cuyos objetivos primordiales fueron obtener zonas anómalas para una posible extensión del yacimiento de Santa Rosa. Los tres trabajos mencionados anteriormente en total cubren aproximadamente 40% del presente trabajo.

Referente a los estudios regionales se tienen: el trabajo de Fries (1960) del Edo. de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, en el cual se sintetiza la estratigrafía de la llamada cuenca de Morelos y Guerrero. Del mismo autor (1962), datos geocronológicos de algunas rocas de diferentes estados de la República Mexicana, trabajo en el cual se considera la existencia de cuatro eventos geotectónicos, señalados por intrusiones de cuerpos ígneos y el metamorfismo regional, dichos eventos parecen representar la fase intermedia tardía o de destrucción de igual número de geosinclinales o ciclos geotectónicos siendo el primero la Revolución Mazatzaliana hace 1,700-1,600 m.a. hasta el más reciente, el evento intrusivo y extrusivo de la Orogénia Laramidae (40 m.a.).

Los estudios geocronométricos de De Cserna, et al. (1974), efectuados en circones de algunas rocas ígneas intrusivas entre Acapulco y Chilpancingo Gro., con los métodos radiométricos Plomo-Al

fa y Rubidio-Estroncio, con los cuales obtuvieron edades que varían de 100 ± 10 m.a. a 80 ± 8 m.a. (Cretácico Tardío). En la región de Puerto Angel Oax., con el método Plomo-Alfa en zircones de rocas gneílicas, obtuvieron edades del Cámbrico Tardío y Paleozoico Superior (Pensilvánico-Missisípico). Con el método Plomo-Alfa le asignan una edad de 1020 ± 110 m.a. (Precámbrico Tardío) al Esquisto Taxco en rocas cercanas a la zona minera de la cual toma el nombre estos esquistos.

Campa, et al. (74, 75 y 76), son los primeros en considerar que los afloramientos en Teloloapan, Arcelia, Zacualpan e Ixtapan de la Sal, constituyen una sola secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Posteriormente Campa (78) hace una interpretación sobre las relaciones de facies de las rocas preterciarias, mostrando el cambio transicional en la región de Huetamo Mich., respecto a la plataforma Guerrero-Morelos y el arco volcánico sedimentario de Teloloapan-Arcelia.

El estudio de De Cserna (78a), referente a la estratigrafía entre Iguala, Ciudad Altamirano y Temascaltepec, reconoce las rocas metamórficas del Esquisto Taxco y Roca Verde Taxco Viejo, así como las diferentes formaciones del Cretácico. Posteriormente De Cserna (78b), en el estudio sobre las relaciones de facies de las rocas cretácicas al NE del Edo. de Guerrero, diferencia las áreas cubiertas por el mar y las tierras emergidas con asociación a cuencas de evaporación y formación de yeso durante el Cretácico, así como la actividad ígnea plutónica y extrusiva del Cretácico Superior.

Campa y Ramirez (79 y 81), presentan varios trabajos referentes a la evolución tectónica y metalogenética, con mapas geológicos de la región al NW de Guerrero y áreas colindantes del Estado de México, en los que diferencian un arco volcánico, un mar marginal

y la plataforma Guerrero-Morelos.

En la tesis de Doctorado de Colorado Lievano(79), se estudia una parte del llamado Cinturon Metamórfico(Mesozoico) del sur de México(Estados de Guerrero y México) y en forma detallada la estratigrafía y génesis del yacimiento de Santa Rosa.

La tesis de Velez-Vasquez(79), cuyos objetivos primordiales fueron la elaboración de un plano geológico-minero con el fin de localizar nuevos yacimientos de la hoja Valle de Bravo y parte de la hoja Tejupilco de Hidalgo(DETENAL).

Garza(80) delimita áreas potenciales en yacimientos volcanogénicos y epigenéticos de la depresión de Tejupilco y Zacualpan.

Los estudios del Consejo de Recursos Minerales(C.R.M.) en la Reserva Minera Nacional Temascaltepec, publicados en 1980, referentes a una evaluación geoeconómica del Distrito Minero de Temascaltepec y al SW de la veta "La Guitarra" con el prospecto "El Peñon". Con los mismos objetivos la tesis de Garcia(82) en este mismo distrito.

El estudio de los cinturones metamórficos del SE de México(Xolapa, Tierra Caliente, Acatlán y Oaxaqueño) y su significado tectónico por Ortega(81).

La tesis doctoral de Gonzalez Partida(82) sobre una parte de la Provincia Filoniana de Au-Ag Taxco-Guanajuato, trabajo en el que se estudian las características de las soluciones hidrotermales y composición isotópica del azufre, de los filones de Miahuatlán, Sultepec y Temascaltepec, de los yacimientos volcanogénicos (Tizapa y Santa Rosa), la composición isotópica del azufre en las piritas, en este estudio se considera a la mineralización en los filones como resultado de una parcial removilización de sulfuros de las formaciones volcanosedimentarias preexistentes por circulación hidrotermal engendrada por una anomalía térmica. En base a estudios en cuarzo sobre inclusiones fluidas bifásicas que se ho-

mogenizan en facie líquida, concluyendo que la gama de temperaturas de homogenización está comprendida entre 150° y 350°C en Miahuatlán, de 140° a 360°C en Temascaltepec y de 210° a 350°C en Sultepec. En 1983 del mismo autor(en varias publicaciones referentes al estudio mencionado anteriormente), del estudio de inclusiones fluídas en algunas rocas de la secuencia volcanosedimentaria de Tierra Caliente, con las características genéticas de la mineralización polimetálica y proposición de un modelo de removilización sobre Miahuatlán, Temascaltepec y Sultepec, en base a isótopos de azufre. Trabajo en el que se considera que la temperatura de cristalización de la muscovita fué de 470°C a 540°C bajo una presión de 2.5 a 4 kb en las rocas metamórficas de Tizapa y que los sedimentos pelíticos fueron sometidos a metamorfismo correspondiente a facies de esquisto verde, subfacies de biotita e intensidad baja a moderada; acerca de la mineralización en los filones, que son producto de removilización selectiva de sulfuros inicialmente presentes dentro de los substratos metamórficos(diseminados y concentrados en lentes) por una circulación hidrotermal engendrada por una anomalía térmica regional en relación con el emplazamiento de los cuerpos granitoides y/o volcanismo Terciario en donde este proceso hace intervenir un fraccionamiento isotópico cinético(flujo hidrotermal débil).

El estudio de Carfantan(83) sobre la evolución geodinámica del sur de México, en el que se considera la formación de un arco volcánico en respuesta a la subducción pacífica a partir del Jurásico Superior en la margen occidental de Norteamérica.

De Cserna(1984) publica la hoja "Tejupilco"(escala 1:100,000, Instituto de Geología, UNAM) en la que se presenta además de la cartografía un resumen de la geología de la misma, trabajo en el cual considera a la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada como el Esquisto Taxco de edad Paleozoico Superior.

Método de Trabajo.

El método de trabajo se sintetiza en los siguientes puntos;

- 1.-Recopilación de la información existente.
- 2.-Reconocimiento general.
- 3.-Levantamiento geológico a semidetalle.
- 4.-Estudios petrográficos y/o mineragráficos.
- 5.-Elaboración del plano geológico.
- 6.-Elaboración del presente informe.

El trabajo de campo consistió en un levantamiento geológico a semidetalle, para lo cual se utilizó parte de las cartas topográficas: "Valle de Bravo", clave E-14-A-46 y "Tejupilco de Hidalgo" clave E-14-A-56; editadas por DETENAL a escala 1:50,000 y ampliadas fotográficamente a una escala de 1:20,000. En la porción occidental del área predominan las rocas metamórficas, las cuales encajonan los yacimientos del tipo volcanogénicos; en la porción nororiental, los yacimientos filonianos de oro y plata se encuentran emplazados en rocas ígneas intrusivas de composición ácida y en brechas tectónicas(Brt). Por lo cual se tuvo especial atención en determinar la geometría y dimensiones de cada unidad litológica, así como las diferentes estructuras(vetas), de las cuales su espesor es diferente al señalado en los planos, debido a las restricciones por la escala.

Se efectuaron estudios petrográficos y/o mineragráficos a un total de 55 muestras.

CAPITULO II GENERALIDADES.

Localización Geográfica.

El área de estudio se encuentra localizada en la parte suroccidental del Estado de México, a 68 km en línea recta al SW 59° de la ciudad de Toluca y a 12.5 km al NE 7° de Tejupilco de Hidalgo, Estado de México.

El área está limitada por las coordenadas: Latitud Norte de $18^{\circ}57'50''$ a $19^{\circ}04'20''$; y Longitud Oeste de $100^{\circ}04'25''$ a $100^{\circ}15'50''$, la superficie total es de 240 km^2 .

Vías de Comunicación.

Partiendo de la Ciudad de México, el acceso al área de estudio se logra por la carretera federal 134 México-Zihuatanejo; a los 128 km, en Temascaltepec, existe una desviación(carretera no pavimentada) hacia Valle de Bravo, de la cual se desvía en el km 4 la terracería que comunica con los poblados de San Pedro Tenayac y Zacazonapan, para la porción norte del área.

Otra vía de acceso a la zona de estudio es partiendo de Temascaltepec por la misma carretera federal 134 pasando por Tejupilco en el km 172 se encuentra la desviación de 22 km que comunica a Zacazonapan, que es una carretera pavimentada hasta Luvianos(8km)

Existen otros caminos de menor importancia como son los que comunican los poblados de Almoloya de las Granadas, San Lucas del Maiz, El Sauz, etc., que en general necesitan mantenimiento en época de lluvias(fig. 1).

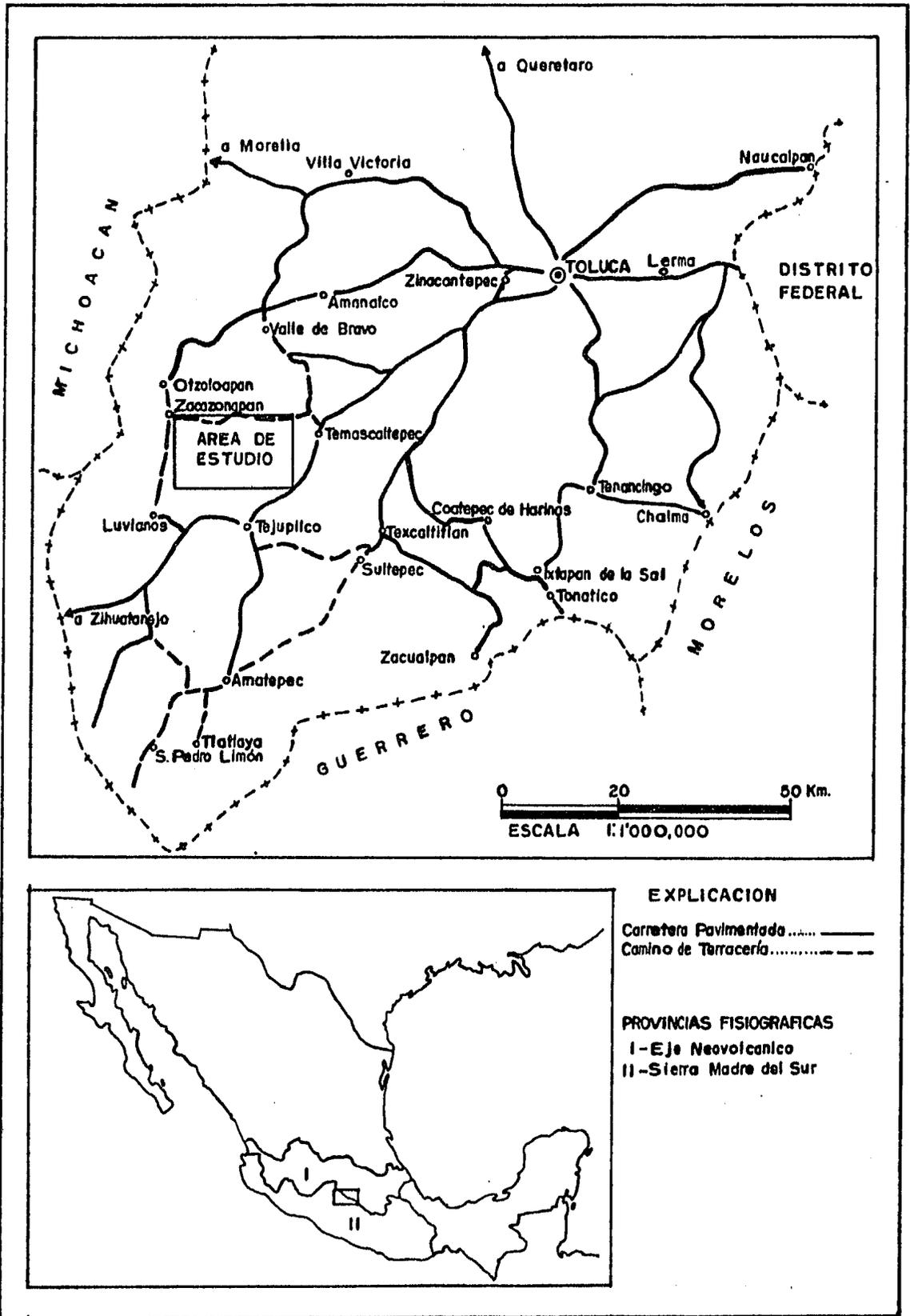


FIGURA 1.- MAPA DE LOCALIZACION GEOGRAFICA Y FISIOGRAFICA

Las poblaciones más importantes cercanas al área de estudio -- son las cabeceras municipales de Temascaltepec, Tejupilco y Zaca-zonapan, las cuales cuentan con todos los servicios urbanos como luz, drenaje, agua potable, servicios médicos, teléfono, administración de correos, hoteles, restaurantes y bancos. Solo en Temascaltepec los servicios educativos son a nivel profesional con la carrera de Ingeniería Agrícola(U.A.E.M.).

La población de Tejupilco es la más importante por su mayor actividad ganadera, agrícola y comercial.

Situación Legal.

Aproximadamente el 40% del área de estudio pertenece a la "Reserva Minera Nacional Temascaltepec", asignada al C.R.M.(15 de julio 1976) cuyas coordenadas geográficas son Latitud Norte de -- 18°58'22'' a 19°02'46'' y Longitud Oeste de 99°55'35'' a 100°10'55''. La superficie total de la reserva es de 21,600 has.(plano5)

Cerca de 30 km² corresponden a los siguientes lotes mineros, - de los cuales los cinco primeros se encuentran en plena actividad

Nombre	Expte./Título	Hectáreas	Concesionario
Mina Tizapa	EA110	650.0000	C.R.M.
Ampl. Mina Tizapa	EA133	425.0000	C.R.M.
Santa Rosa III	E6280	570.0000	Cía. Fresnillo SA de CV
Santa Rosa II	E5489	187.5000	Cía. Fresnillo SA de CV
Santa Rosa	E9245	125.0000	Cía. Min. La Reyna SA
Colorines	E6219	300.0000	Cía. Min. Cuicuilco SA
El Platanal	E5452	30.0000	Lauro Gonzalez I.
Ampl. Comales	T173155	160.0000	Mario H. Gottfried
Nazareno de Anecas	E6051	340.0000	Mario H. Gottfried
El Coloso	E6142	276.0000	Mario H. Gottfried

Al NE dentro del área de estudio existen numerosos lotes mineros que conforman una área poligonal irregular de aproximadamente 3.5 km², la mayoría de los cuales no exceden las 10 hectáreas, a continuación se describen los lotes actualizados o más importantes por su actividad minera.

Nombre	Expte./Título	Hectáreas	Concesionario
Veta Grande Num. Dos	T51407	8.0000	José Camou Jr.
La Guitarrilla	T160565	7.5403	José Camou Jr.
Jesus Nazareno	T157303	6.0000	José Camou Jr.
La cruz	T99071	3.6683	Adelina Camou
El Rey	E106	7.6746	José Camou Jr.
El Progreso	E169	2.5698	José Camou Jr.
El Nuevo Rey	E179	6.0000	José Camou Jr.
Guadalupe	E6272	43.0000	Alicia Camou
Demasías del Progreso	T168251	3.3472	Mario A. Camou
Ampliación El Rey	T167892	0.3533	Mario A. Camou
Guitarra o Veta Gde.	T168922	10.0000	Mario A. Camou
La Tosca	T168325	30.0000	Cía. Min. La Bandera
Teresa I	T166625	35.0969	Cía. Min. La Bandera
Teresa II	T166692	1.6874	Cía. Min. La Bandera
Fracción II Teresa I	T168327	1.3325	Cía. Min. La Bandera
La Albarrada	E4212	1.5419	Mario A. Camou
El Salvador	E433	7.3151	Adelina Camou
Ampliación El Progreso	E4438	3.0171	Cecilia Camou
San Angel Dos	E3848	95.3975	José Camou Jr.
El Virrey	E5647	8.0000	Cía. Min. La Bandera

La situación legal de estos 20 lotes, cuya superficie es de 281.5419 has., es que se encuentran bajo contrato de exploración y opción de compra entre los concesionarios y la Cía. Minera Las-Torres S.A. de C.V.(ver plano 5 anexo).

CAPITULO III GEOLOGIA REGIONAL.

Fisiografía.

El área de estudio se encuentra localizada en los límites entre la provincia fisiográfica del "Eje Neovolcánico" y la subprovincia "Cuenca del Balsas-Mezcala" de la provincia fisiográfica - "Sierra Madre del Sur"(Raisz, 1959).

Según la carta fisiográfico de "México" escala 1:1,000,000(DETENAL, 1984) al área de estudio le corresponden las claves 67,120-0/01 y 55,203-0/02 de las provincias fisiográficas "Sierra Madre del Sur" y "Eje Neovolcánico" respectivamente. Que se describen a continuación.

67 Subprovincia Depresión del Balsas.

100 Sistemas de Topoformas, sierra.

20 Asociación con Cañadas.

0/01 Sin fase, tipo de sistemas de topoformas alta compleja

55 Subprovincia Mil Cumbres.

200 Sistemas de Topoformas, lomerio.

03 Asociación con mesetas.

0/02 Sin fase, tipo de sistemas de topoformas, de rocas basálticas(fig. 1).

La región está caracterizada por una topografía en etapa de madurez, disectada por profundas barrancas, en la que se destacan - algunos conos volcánicos y mesetas de basalto recientes, se observan grandes escarpes causados por tectónismo y/o erosión diferencial en algunos contactos geológicos y grandes promontorios debido a las rocas intrusivas y efusivas del Terciario.

Geomorfologicamente los rasgos más característicos de esta región están constituidos por la Sierra del Peñon y la profunda ba-

rranca que ha excavado el Río Temascaltepec, las diferencias altimétricas que alcanzan a tener estos dos rasgos geomorfológicos es de hasta 1,600 m entre el lecho de este río y la cima de algunas elevaciones montañosas que lo rodean o de las mesetas de basalto. La elevación más alta es de 2620m s.n.m. y está representada por la pequeña mesa riolítica El Coloso al norte dentro del área de estudio, la más baja la constituye el cauce del Río Temascaltepec en la región occidental dentro del área de trabajo con 1,020m sobre el nivel del mar.

El sistema de drenaje principal es del tipo dendrítico que consiste en una gran cantidad de pequeños arroyos intermitentes y algunos perennes que descargan sus aguas en los principales ríos -- del área como son: Mina de Fierro, Chiquito, Chilero y Frío tributarios del Río Temascaltepec que aunado a otras fuentes (Pungaracho, Cutzamala, etc.) drena hacia el sur uniéndose al Río Balsas en las inmediaciones de Ciudad Altamirano, Gro.

ESTRATIGRAFIA.

Introduccion.

La secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada que se describe a continuación se ha considerado en diferentes trabajos como de edad Paleozoico Superior y que probablemente parte de esta secuencia pudo haber sido invertida y repetida tectónicamente antes del metamorfismo (Parga, 81); en el presente trabajo no se considera así, ya que para que existiera una inversión de la estratificación se debería de presentar una fuerte discordancia entre las rocas de la Formación Amatepec (Kia) y las Metacalizas (Mcz).

Las rocas que conforman esta secuencia preterciaria son principalmente metamórficas de grado medio, bajo y muy bajo. quedando situadas desde el dominio del anquimetamorfismo (Kubler en Winkler, 1976 p.72), a las facies de esquisto verde y parte baja de las facies de anfibolita. Un 50% de las rocas expuestas en el área de estudio comprenden rocas epicontinentales (principalmente ígneas) de edad Terciario-Reciente.

TABLA DE CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS

ERA	PERIODO	EPOCA	ZACAZONAPAN TEMASCALTEPEC	HUETAMO (2)	AMATEPEC TEOLOAPAN (3)	HOJA CUERNAVACA (4)	
T E R C I A R I O	CUATERNARIO		ALUVION BASALTOS Y AND. BASALTICAS SEDIMENTOS LACUS TRES Y CONGLON.	ALUVION	ALUVION BASALTOS	ALUVION BASALTOS CHICHINAUTZIN.	
	PLEISTOCENO			?		FORMACION CUERNAVACA AND. ZEMPOALA	
	PLIOCENO		TOBAS IGNI- MORITAS Y LAVAS RIOLITICAS	SERIE VOLCANICA CHARACHARANDO	RIOLITAS ANDESITAS TOBAS	AND. CUERNAVISTA FM. TEPOZTLAN	
	MIOCENO		ADAMELLITA GRANITO	?	?	RIOLITA TILZAPOTLA	
	OLIGOCENO		ANDESITAS GRUPO BALSAS	GRUPO BALSAS	GRUPO BALSAS	GRUPO BALSAS	
	EOCENO		?	?	?	?	
	PALEOCENO		?	?	?	?	
	C R E T A C I O	SUPERIOR	DANIENSE	?	?	?	?
		MAESTRICHIANO	FORMACION MALPASO	FORMACION MALPASO	FM. MALPASO FM. MEXCALA	FORMACION MEXCALA	
		CAMPANIANO					
SANTONIANO							
CONIACIANO							
TURONIANO		FORMACION XOCHIPALA	?	FORMACION XOCHIPALA	FORMACION CUAUTLA		
CENOMANIANO							
ALBIANO		FORMACION AMATEPEC	FORMACION MORELOS	FM. AMATEPEC FM. MORELOS	FORMACION MORELOS		
I N F E R I O R	APTIANO	?	?	?	FORMACION XOCHICALCO		
	NEOCOMIANO	METACALIZAS	FORMACION SAN LUCAS	?	?		
			?	?	?		
			?	?	?		
J U R A S I C O	SUP.	FILITAS GRAFITICAS ESQUISTOS VERDES FILITAS GRAFITICAS METAFELSITA ESQU. CAMPANARIO ESQU. DEBIOTITA F. TEMASCALTEPEC E. CUARZO-FELDES. AUGENGNEIS	FORMACION ANGAO				
	INF.						
P A L E O Z O I C O				ROCA VERDE TAXCO VIEJO			
				ESQUISTO TAXCO			

NO DEPOSITO
 NO AFLORA
 MONTERO URRUSQUIETA R. 1985
 (2) A. J. PANTOJA (1959)
 (3) Z. DE CSERNA (1976)
 (4) C. FRIES Y J. BOLIVAR (1963)

Augengneis(Agn).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad descrita por Parga(81) se encuentra estratigráficamente en la parte más baja de toda la secuencia, se considera el basamento sobre el cual descansa un paquete de rocas de más de 3,000 m de espesor, en el presente trabajo se le asigna a este tipo de rocas una edad del Jurásico Inferior.

El Augengneis aflora exclusivamente al occidente dentro del área en los arroyos Frío y El Ahogado, le sobreyacen en forma discordante esquistos cuarzo-feldespáticos y por sobrecorrimiento también le cubren filitas gráficas y esquistos de muscovita-clorita.

Litología y Petrografía.

El Augengneis es de color gris claro con tintes verdosos, muy compacto y que bajo los efectos del intemperismo adquiere un color café claro, se aprecia estructura gneílica con porfidoclastos de feldespato potásico(microclina y pertita), plagioclasa sódica y cuarzo en cristales elongados de hasta 2 por 5 cm; se observan líticos de probable origen ígneo. Además de la textura gneílica y porfidoclástica en algunas partes se observa textura granoblástica de grano grueso(fig. 2).

Megascópicamente los minerales que se reconocen son: feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa en forma de porfidoclastos, que se encuentran alineados en una matriz milonítica de cuarzo, biotita, muscovita y minerales arcillosos(fig. 3).

En las laminas delgadas se observan porfidoblastos de 1 mm a 5 cm principalmente de microclina y pertita(40%) y la matriz que-

los rodea está constituida por bandas orientadas de granos xenoblásticas de cuarzo(25%) con extinción ondulante y feldespatos (20%) alterados con filosilicatos(10%) que presentan cloritización. Como minerales accesorios ocasionalmente se observan pirita, marcasita, apatita, zircón, epidota, sericita y minerales arcillosos.

Origen.

Parga(81) propone a estas rocas como un ortoaugengneis de composición granodiorítica emplazado antes del depósito de la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada.

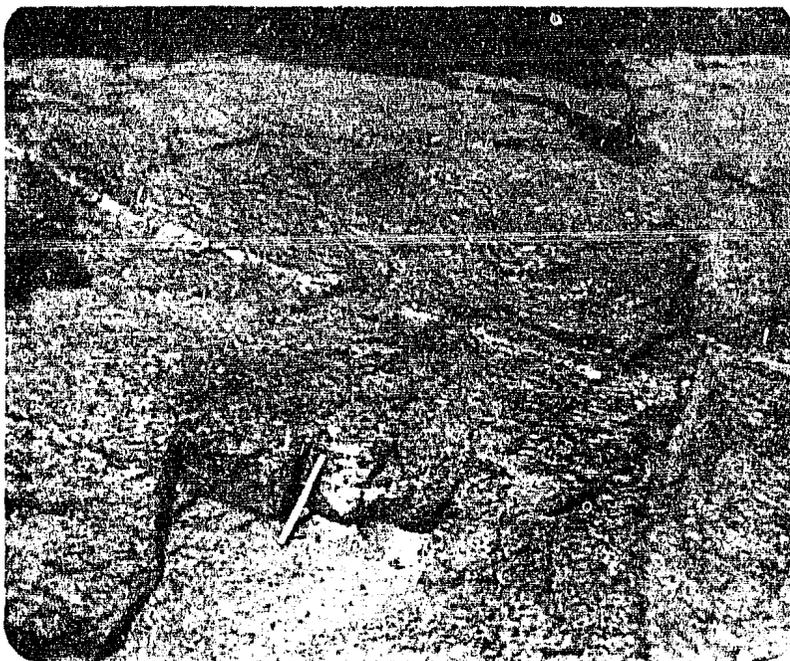


Fig. 2 Afloramiento del Augengneis (Agn), localidad arroyo Frío.

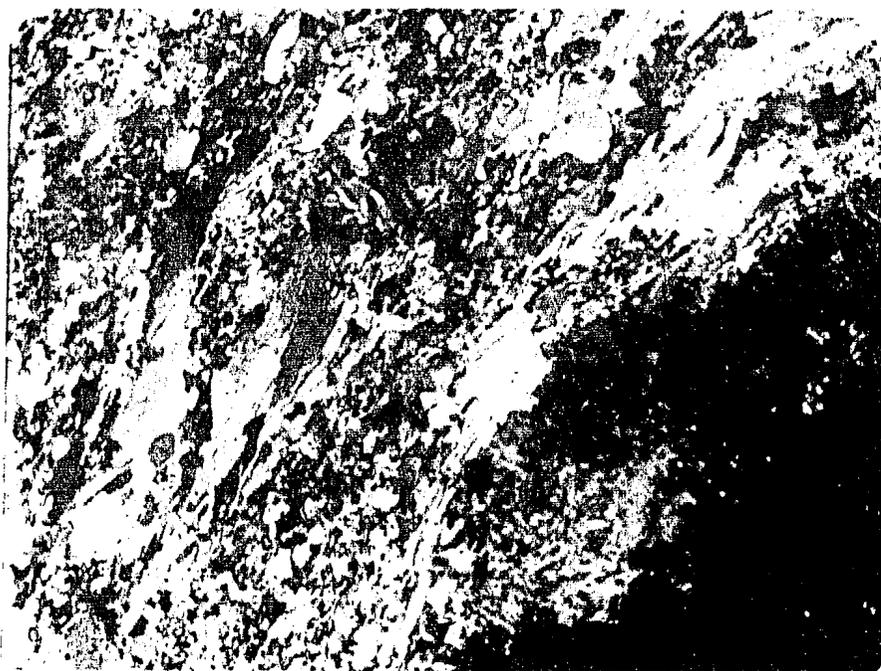


Fig. 3 Fotomicrografía del Augengneis en la que se observa el alineamiento de las micas y milonitización en la esquina inferior. Ni cole cruzados x63.

Esquisto Cuarzo-Feldespático(Eqm).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad descrita por Parga(81) sobreyace en contacto discordante al Augengneis(Agn) y le sobreyacen concordante y gradualmente esquistos de muscovita-clorita-granate y filitas grafiticas

Los esquistos cuarzo-feldespáticos afloran principalmente en los arroyos del Ahogado, Frío y de Agua Salada, el espesor aproximado de esta unidad del Jurásico Superior es de 120 m.

Litología y Petrografía.

Estos esquistos son de color gris claro muy compactos y bajo los efectos del intemperismo adquieren tonalidades rojizas.

Megascópicamente los minerales reconocibles son: cuarzo, feldespatos, óxidos de fierro y micas formando una sola foliación.

Al microscopio este tipo de rocas presentan una textura esquistosa formada por bandeamiento de cuarzo(0.05-1mm), feldespatos(1-15mm) y micas(0.1-2mm), ocasionalmente se observa textura grano-blástica inequigranular constituida esencialmente por granos recristalizados de cuarzo(0.05-2mm) y algunos feldespatos(0.1-2mm).

El cuarzo presenta extinción ondulante y algunos de sus cristales xenoblásticos están alargados formando bandas orientadas paralelas a los filosilicatos, su abundancia varía de un 70 a 90%, la microclina y pertitas con abundancia variable entre 5 y 15% se observan como granos redondeados, las micas(muscovita y fingita) de 2 a 10% en forma de bandas orientadas que rodean granos de cuarzo y feldespato.

Se observan también intercrecimientos gráficos de cuarzo en microclina micropertítica, porfidoblastos de albita(1-3%) en cristales

les idioblásticos, con tenue extinción ondulante y en ocasiones - con doblamiento, rotura y desplazamiento de las líneas de macla, - como trazas se identificaron zircón y turmalina.

Origen.

Esta unidad probablemente se originó por metamorfismo regional de grado medio (facie anfibolítica) de una arenisca cuarzo-feldespática inmadura lo que explicaría la presencia de zonas con textura granoblástica.

Filitas Temascaltepec

Distribución y Relaciones de Campo.

La unidad litológica Filitas Temascaltepec, fué descrita por Elías(81) como un grueso paquete de filitas grafiticas de más de 2,000 m de espesor, con esquistos de clorita-granate hacia la base; junto con los basaltos del Cuaternario estas filitas de edad Jurásico Superior son las rocas que están más ampliamente expuestas en el área de estudio.

Esta unidad sobreyace concordante y gradualmente al esquisto cuarzo-feldespático(Eqm). Le sobreyacen de manera concordante esquistos de clorita-muscovita(Esquistos Campanario) y en forma discordante limolitas, conglomerados, tobas y brechas tectónicas del Terciario(Grupo Balsas) y basaltos del Reciente. Al NE del área las filitas fueron intrusionadas por un tronco de composición ácida y solo quedan como una delgada película irregular, en esta localidad el espesor se reduce y queda tan solo de varias decenas de metros. Las filitas Temascaltepec se interdigitan con los Esquistos Campanario y con los esquistos de biotita y tremolita-actinolita, que se describen posteriormente.

Litología y Petrografía.

Las filitas grafiticas son rocas con excelente foliación de color gris mediano a negro con lustre satinado de poco a medianamente compactas que con intemperismo adquieren una coloración café claro con tonalidades rojizas y se vuelven desleznables(fig. 4).- Hacia la porción SE de Almoloya de las Granadas, las filitas negras cambian a filitas de color crema verdoso en donde el material grafitico está prácticamente ausente; presentan bandas de cuar

zo de unos milímetros hasta 50 cm y en muchas localidades están - intensamente plegadas, generalmente con pliegues del tipo asimétrico e isoclinal; hacia el SE dentro del área de estudio se observa un plisamiento bien marcado en las filitas.

Megascópicamente las filitas muestran una textura esquistosa - con doble foliación, se pueden reconocer grafito, cuarzo, muscovita, óxidos de fierro y pirita finamente diseminada.

En el área de Tizapa, en esta unidad se observan cuerpos lenticulares de sulfuros masivos y sulfuros diseminados, dispuestos - concordantemente con respecto a la foliación de las rocas encajonantes, constituida por una interdigitación de filitas grafiticas y esquistos de muscovita. En el arroyo de la Mina de Fierro (al - norte de Almoloya de las Granadas) se observan finos hilos de sulfuros masivos y al NE de esta localidad (mina de Plata y en el arroyo Los Timbres) se observa mineralización (galena, esfalerita y pirrotita) asociada a cuarzo, debido a hidrotermalismo.

Las secciones delgadas muestran una textura esquistosa, constituida por bandas orientadas paralelamente de grafito, cuarzo y muscovita (en general el tamaño de estos minerales varía de 0.02 a 0.05 mm); el grafito (5-35%) se observa formando bandas oscuras - con intercalaciones de finas bandas de muscovita (2-25%), el cuarzo (30-60%) se presenta con extinción ondulante formando mosaicos granoblasticos orientados con respecto al bandeamiento, la biotita (0-5%) se reconoce en ocasiones formando bandas (fig. 5). Como trazas se reconocen pirita, zircón, ilmenita, rutilo y esfena.

Origen.

Se infiere que el protolito de las Filitas Temascaltepec fué - un paquete volcanosedimentario constituido por sedimentos pelíticos carbonosos y tobaceos de composición intermedia.



Fig. 4 Afloramiento de filitas grafiticas silicificadas, arroyo los Timbres.



Fig. 5 Fotomicrografía de las Filitas Temascaltepec, en la que se aprecia la doble foliación formada por bandas de grafito, cuarzo y muscovita. Nicoles cruzados x63.

Esquisto de Biotita y Tremolita Actinolita(Ebta).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estos esquistos del Jurásico Superior fueron cartografiados por Elías(81) al NE del poblado los Martinez, se presentan en forma de cuerpos lenticulares de unos metros hasta cerca de 500 m de espesor. se encuentran interdigitando con las Filitas Temascaltepec con foliación concordante. Afloran principalmente entre el río Temascaltepec y el poblado los Martinez. En general subyacen en contacto concordante a los Esquistos Campanario(Ec).

Litología y Petrografía.

Los esquistos de biotita y tremolita-actinolita, son rocas de color verde a verde oscuro muy compactas, que generalmente contienen pirita y/o pirrotita diseminada y que bajo los efectos del intemperismo adquieren tonalidades rojizas sin perder su compacidad

Microscópicamente los esquistos presentan textura milonítica en la que se observan dos foliaciones.

El principal mineral que se reconoce en los esquistos de tremolita-actinolita(20-60%), son estas anfibolas, que se observan en forma de agregados radiales, como cristales aciculares y romboedrales(de 0.015 a 0.4 mm). Le siguen en abundancia cuarzo(20-30%), clorita(5%), clinopiroxeno(diópsida)(3%) y flogopita(3%); el cuarzo(0.05-0.3 mm) y clinopiroxeno(0.05-0.5 mm) se presentan en franjas granoblásticas y en general el clinopiroxeno no coexiste con las anfibolas, la clorita(0.01-0.1mm) y la flogopita(0.01-0.1 mm) se observan formando la matriz fina milonítica, que presenta dos foliaciones. Como minerales accesorios se observan rutilo, esfena, epidota, clorita, calcita, muscovita, albita y pirita.

Los esquistos de biotita consisten de porfidoclastos de plagioclasas(0.2-2mm) rodeados por una matriz foliada, constituida principalmente por granos de cuarzo(0.01-0.1mm) y cristales de clorita(0.01-0.05mm), muscovita(0.01-0.2mm), biotita(0.2-3mm), epidota(0.01-0.15mm) y anfibola(0.01-0.04mm)(fig. 6).

Las plagioclasas que se presentan en forma de porfidoclastos son oligoclasa-andesina(8-20%) y ocasionalmente albita(0-2%). La biotita(8-15%) se presenta en abundantes cristales ligeramente --cloritizados como porfidoclastos y siguiendo la foliación en forma de bandas aisladas. El cuarzo(30-60%) se observa en mosaicos --granoblásticos formando bandas junto con la muscovita(1-10%), la epidota(3%) se presenta en manchones asociados a las plagioclasas Siguiendo la foliación, en cantidades menores al 1% se reconocen tremolita-actinolita, calcita, esfena, rutilo, zircón y hematita.

Origen.

Es muy factible que estos esquistos se hayan originado a partir de tobas de composición intermedia a básica, depositadas en un ambiente marino como lo muestran las interdigitaciones con los sedimentos pelíticos(Filitas Temascaltepec).

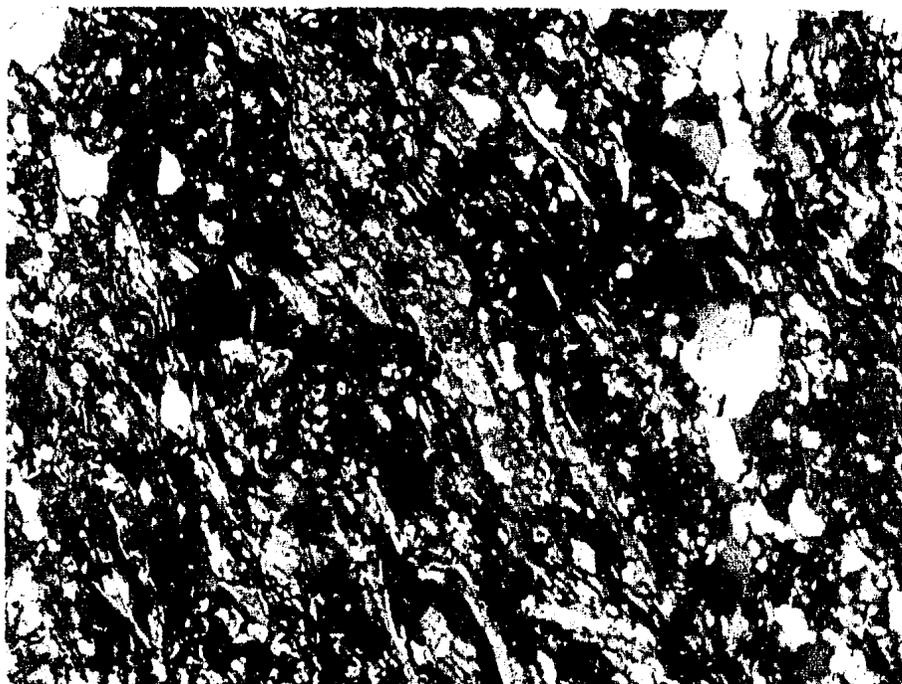


Fig. 6 Fotomicrografia de esquistos de tremolita-actinolita(Ebta). Nicoles cruzados x63.

Esquisto Campanario(Ec).

Distribución y Relaciones de Campo.

Los Esquistos Campanario, fueron descritos por Parga(81) como un grueso paquete de cerca de 1,500 m de espesor de gran heterogeneidad litológica que comprende principalmente esquistos de clorita-muscovita-biotita, los cuales gradúan hacia su cima a filitas sericíticas con intercalaciones de filitas grafíticas y meta-calizas; los cambios litológicos son frecuentes y repetitivos y los afloramientos muy pobres. La heterogeneidad litológica de esta secuencia en parte es de carácter premetamórfico y parte debido a dos eventos metamórficos progresivos y a una intensa retrogresión que han afectado a estas rocas. Esta unidad del Jurásico-Superior está irregularmente distribuída al NW del área, en el lecho de los arroyos Lampazos, El Ahogado, El Salto y El Ancón, así como en el cerro de la Pila. Al sur en el poblado Los Martinez, - Elías(81) describe una secuencia de esquistos verdes psamopsefíticos(0.06 a 15 mm) intercalados con esquistos de cuarzo-muscovita-clorita-epidota y esquistos de muscovita-biotita(fig. 7). En el presente trabajo estos esquistos verdes se consideran como la unidad litológica Esquistos Campanario(Ec), debido a que interdigitan con las filitas Temascaltepec, subyacen en varias partes a la Metafelsita(Mf), presentan pequeñas intercalaciones de filitas grafíticas, además de su afinidad litológica.

En la región entre San Lucas del Maiz y el río Temascaltepec - tanto en las Filitas Temascaltepec(Ft) como en estos esquistos--- (Ec) solo se han observado algunos hilos de sulfuros de fierro, - en cambio al norte cerca del Potrero de Tenayac se presentan algunos cuerpos de sulfuros masivos.

Los Esquistos Campanario interdigitan con las Filitas Temascal

tepec, aunque en algunas partes como el cerro de la Pila sobreyacen concordante y gradualmente a estas filitas, al NE del poblado de los Martinez sobreyacen a esquistos de tremolita-actinolita y esquistos de biotita. Le sobreyacen en aparente concordancia meta felsitas en la mayor parte de sus afloramientos.

Litología y Petrografía.

Esta unidad está constituida por esquistos de clorita-muscovita-biotita de mediana a fuertemente compactos de grano fino a grueso (en general de 0.03 a 3 mm), ligeramente conglomeráticos en algunas zonas restringidas, que en superficie fresca presentan un color verde claro a mediano y que bajo los efectos del intemperismo se vuelven desleznables y adquieren una coloración café claro.

Las secciones delgadas muestran una textura esquistosa bien desarrollada con doble foliación (fig. 8), la esquistosidad está definida por bandas de granos de cuarzo (30-60%), con algunos de ellos elongados y con extinción ondulante; clorita (20-40%) distribuida en bandas; muscovita (2-30%) en hojuelas dispuestas paralelamente a la foliación; biotita (1-15%) como aislados porfidoblastos o en racimos distribuidos a lo largo de los planos de foliación y generalmente cloritizada. Principalmente como porfidoblastos se observan albita (0-6%), epidota (3%), calcita (4%). En cantidades menores al 1% se tienen pirita, ilmenita, esfena, zircón, grafito y minerales arcillosos.

Los esquistos psamospsefíticos son de color verde a gris verdoso, que bajo la acción del intemperismo adquieren un color amarillento ocre, son en parte de naturaleza clástica debido a que se observan líticos de cuarcita.

Microscópicamente se observa cuarzo formando la matriz cristalo blástica y como fragmentos de cuarcita; tremolita y actinolita-

como porfidoblastos fragmentados en una matriz doblemente foliada (constituída por cristales fibrosos de tremolita-actinolita, epidota, cuarzo y clorita). Se observan inclusiones de biotita, clorita y muscovita en las anfífolas y plagioclasas. La epidota se presenta en pequeños cristales granulares y a veces prismáticos. Siguiendo la foliación, también se observa clorita en agregados fibrosos en la matriz. Como minerales accesorios se reconocen biotita, albita, oligoclasa-andesina y muscovita.

Origen.

En base a su textura y mineralogía se infiere que los Esquistos Campanario fueron originados a partir de tobas híbridas de composición intermedia a básica con intercalaciones de sedimentos pelíticos en un ambiente marino reductor.



Fig. 7 Afloramiento de esquistos verdes(Ec) cerca del poblado los Martinez.

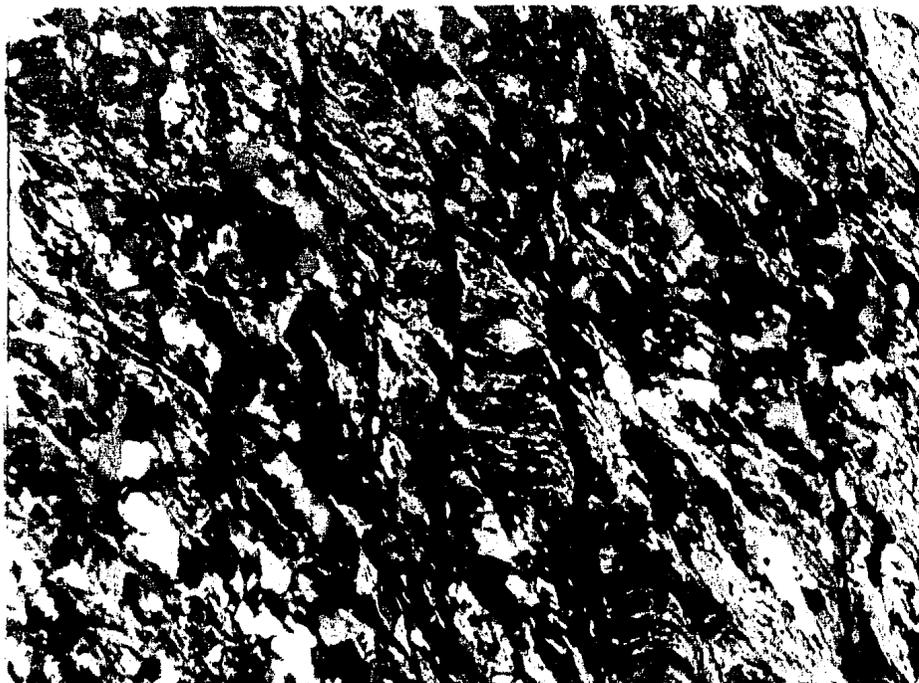


Fig. 8 Fotomicrografía de esquistos verdes(Ec) en la que se observa claramente la doble foliación. Nícoles cruzados x63.

Metafelsitas(Mf).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad litológica del Jurásico Superior fué descrita por Elías(81) y designada informalmente con el nombre de "Metafelsita La Pila", consiste de un paquete de rocas volcánicas de composición riolítica afectado por metamorfismo de bajo grado(facies de esquisto verde). Esta unidad está ampliamente distribuída al SE dentro del área de estudio, aflora a lo largo de una franja de más de 10 km y ancho de 100 a 300 m con una dirección NW-SE.

Las metafelsitas se encuentran sobreyaciendo en forma concordante a los Esquistos Campanario y a las Filitas Temascaltepec y le sobreyacen en aparente discordancia filitas grafiticas y sericiticas, en ocasiones también le sobreyacen por sobrecorrimientos metacalizas y filitas calcáreas. El espesor de La Metafelsita varía de 80 a 300 m, en esta unidad se observan delgados horizontes lenticulares de filitas grafiticas.

Litología y Petrografía.

Las metafelsitas son rocas muy compactas de color blanco grisáceo y gris claro con zonas de silicificación de unos metros de espesor muy compactas, por la acción del intemperismo adquieren tonalidades de color crema ocre.

Megascópicamente presentan una textura esquistosa compuesta de cuarzo, muscovita y óxidos de fierro. Solo se observa una sola foliación bien desarrollada y un crucero de fractura, que por intemperismo facilita la formación de fragmentos de forma rómbica especialmente cuando la roca es más silícea(fig. 9).

Microscópicamente se observa una textura esquistosa con una so

la foliación, parcialmente milonítica constituida casi exclusivamente por bandas de cristales xenoblásticos de cuarzo(30-65%) con extinción ondulante, con intercalaciones de bandas de muscovita - (20-40%), escasos porfidoblastos de albita(5%), sanidino(5%) en porfidoblastos aislados distribuidos a lo largo de los planos de foliación. En cantidades menores al 1% se reconocen pirita, zircon, leucoxeno y hematita. Esta unidad se diferencia facilmente de los esquistos(Ec) por las zonas de silicificación, fracturamiento característico y su color blanco, en las secciones delgadas se observa un tamaño de grano mayor y uniforme en general de 0.1- a 0.16 mm de diámetro y algunos con 0.01 mm y de 0.5 mm de diámetro(figuras 9 y 10).

Origen.

El origen de estas rocas es eminentemente volcánico, emplazadas en un ambiente marino como lo demuestran las intercalaciones de filitas; debido a su persistencia y homogeneidad litológica y a su textura porfídica reliquia, se infiere que el protolito de las metafelsitas fué una roca de composición riolítica, depositada muy probablemente como ignimbrita. Posteriormente estas rocas fueron sometidas a procesos de metamorfismo regional de bajo grado, que condujo a una descomposición del feldespató potásico en muscovita y albita; el cuarzo recristalizó contribuyendo a la formación de muscovita, persistiendo algunos cristales de sanidino.

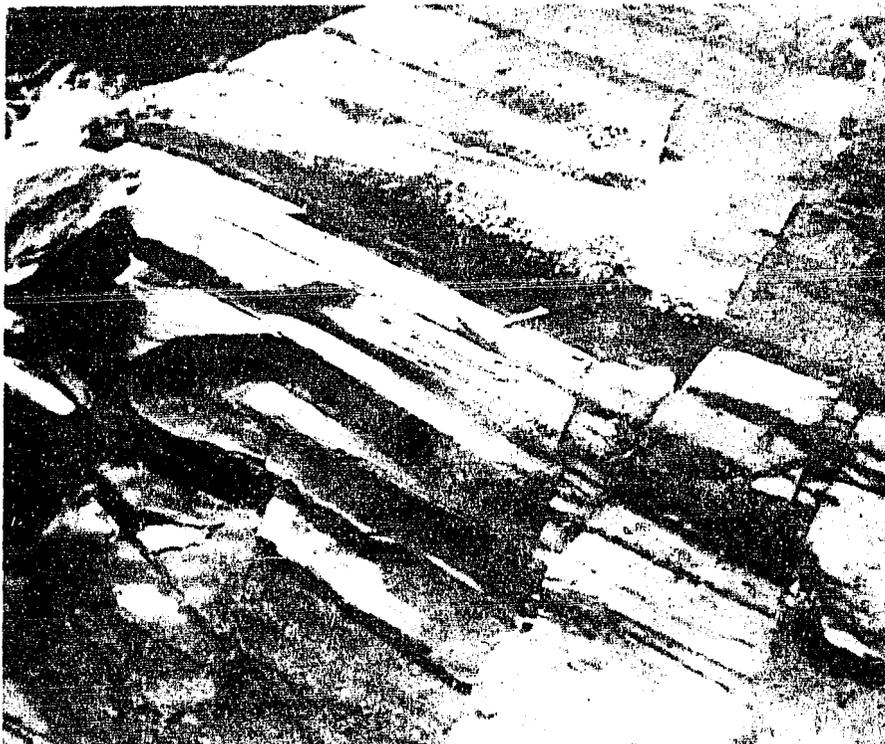


Fig. 9 Afloramiento de metafelsitas(Mf) en el que se observa su fracturamiento característico.

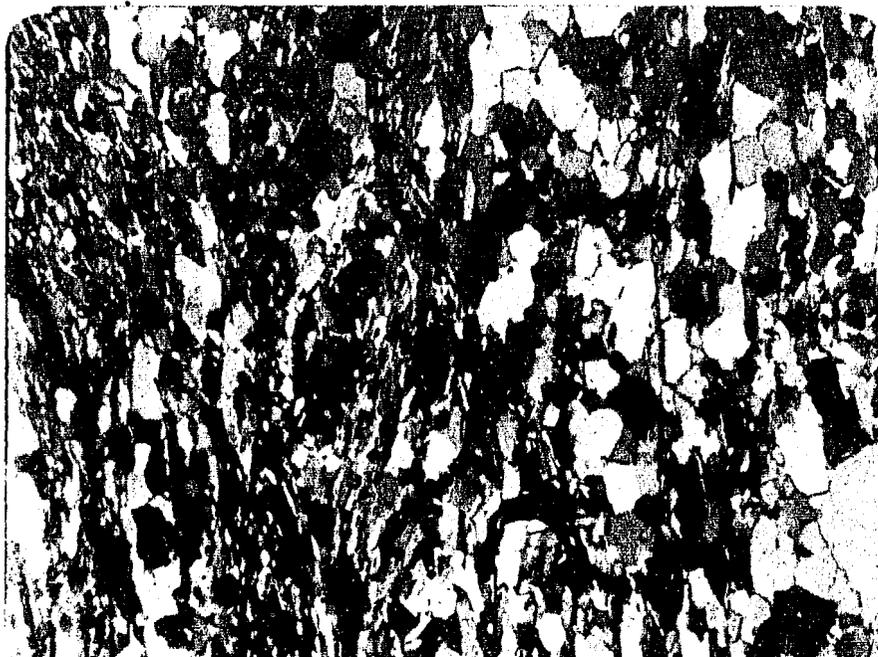


Fig. 10 Fotomicrografía de metafelsitas en la que se aprecia principalmente cuarzo y muscovita. Nicoles cruzados x63.

Filitas Graffíticas y Sericíticas(Fgs).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad estudiada por Parga(81) y Elías(81), se encuentra distribuída a lo largo de una franja muy angosta con rumbo NW-SE paralela a la unidad a la que sobreyace discordantemente, la "Metafelsita La Pila".

Estas filitas graffíticas(Fgs) entre el cerro de la Pila y el poblado el Mamey le sobreyacen en forma concordante Metacalizas (Mcz) y hacia el oriente de la mina Santa Rosa en forma alternante esquistos verdes(Ev11), en ambas localidades las filitas sobreyacen en aparente discordancia a Metafelsitas.

El espesor de las filitas graffíticas y sericíticas varía de 20 a 190 m y se les considera como de edad Jurásico Superior.

Litología y Petrografía.

Son rocas de color gris oscuro a gris claro, dependiendo del contenido de grafito; su compacidad a la vez varía por la cantidad de cuarzo presente y bajo los efectos del intemperismo adquieren una coloración pardo rojiza perdiendo su consistencia.

Megascópicamente las filitas presentan una textura esquistosa y los minerales que se reconocen son; grafito, cuarzo, micas, piritita y óxidos de fierro(fig. 11).

Al microscopio se observan bandas intercaladas de sericita (20%) y/o grafito(35%) con bandas de granos xenoblásticos de cuarzo(40-60%) con extinción ondulante, muscovita(2%); en cantidades menores al 1% se observa hematita, zircón y piritita finamente diseminada.

Origen.

Respecto a la génesis de estas filitas se infiere que su protolito fué un paquete de sedimentos pelíticos con cantidades variables de materia orgánica que posteriormente por eventos metamórficos, fué transformado a filitas grafíticas y sericíticas.



Fig. 11 Afloramiento de filitas grafíticas(Fgs)
localidad El Sauz.

Esquistos Verdes El Llano(Ev11).

Distribución y Relaciones de Campo.

Los esquistos verdes que se observan exclusivamente entre el C. de la Ortiga y el poblado El Llano, fueron descritos por Elías (81) y designados informalmente con el nombre "El Llano", se les considera como de edad Jurásico Superior.

Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentran en las inmediaciones de los poblados El Llano y El Cirian. Estos esquistos sobreyacen en forma alternante a las filitas grafíticas y sericíticas y subyacen en forma concordante a filitas calcáreas.

El espesor máximo de esta unidad es de 400 m y hacia el NW y el SE siguiendo el rumbo de la foliación se acuña entre las dos unidades filíticas(Fgs y Fgc).

Litología y Petrografía.

Son esquistos de color verde con intercalaciones conglomeráticas y filitas grafíticas y variaciones a esquistos de color gris-verdoso, en donde la mica es abundante(fig. 12).

Megascópicamente estas rocas presentan una textura esquistosa y se reconocen cuarzo, clorita, muscovita, biotita y óxidos de fierro.

Las secciones delgadas muestran la misma mineralogía que los Esquistos Campanario. Presentan textura esquistosa con doble foliación, los minerales principales son cuarzo(30-40%), tremolita-actinolita(20-40%) y clorita(10-20%); en cantidades menores al 1% se tienen muscovita, biotita, pirita, esfena y óxidos de fierro.- En general el tamaño de estos minerales varía de 0.01 a 0.5 milímetros(fig. 13).

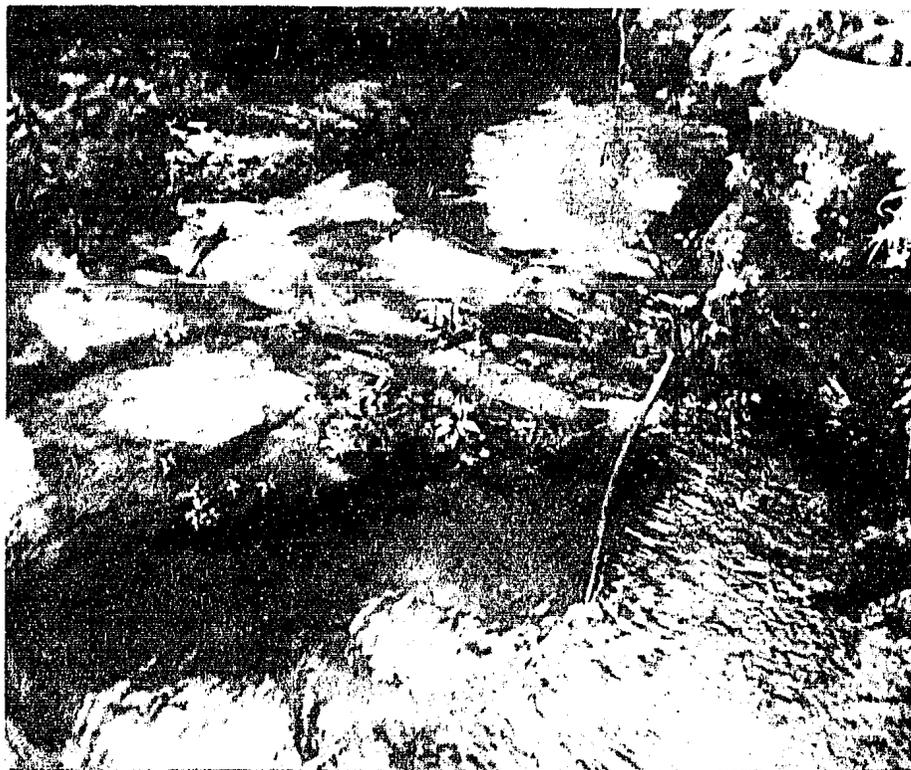


Fig. 12 Interdigitación de esquistos verdes El - Llano(en color claro) con filitas gráficas(Fgs).

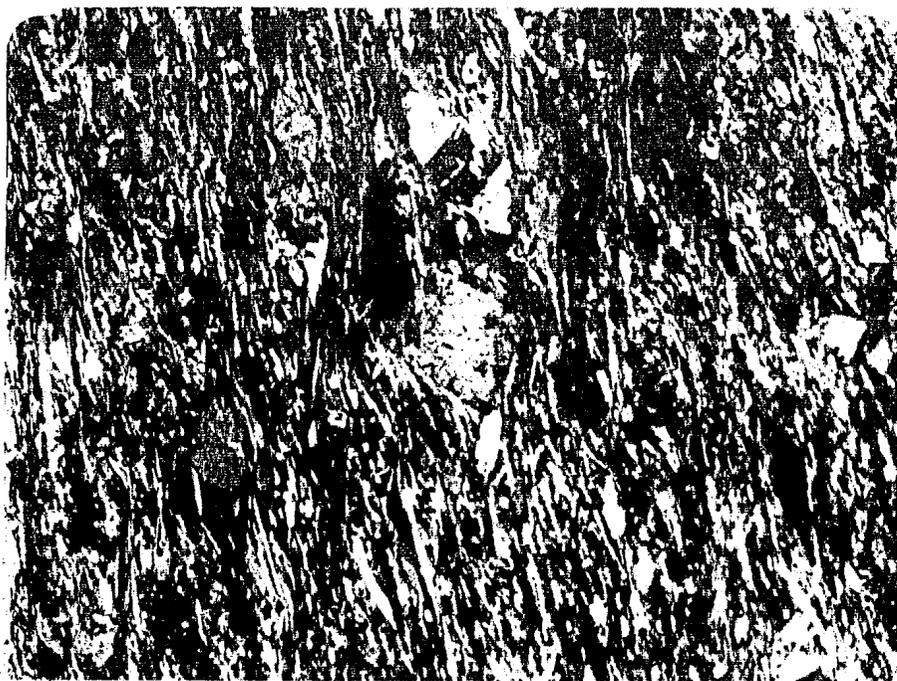


Fig. 13 Fotomicrografía de esquistos verdes(11) a la izquierda se observa claramente un - cristal idioblástico de tremolita. Nico-- les cruzados x63.

Se infiere que el origen de estos esquistos es similar al de los Esquistos Campanario, a partir de tobas híbridas que se depositaron entre los sedimentos pelíticos y lodos calcáreos interrumpiendo el depósito de estos últimos, por lo cual exclusivamente en esta localidad la faja de metacalizas es muy delgada.

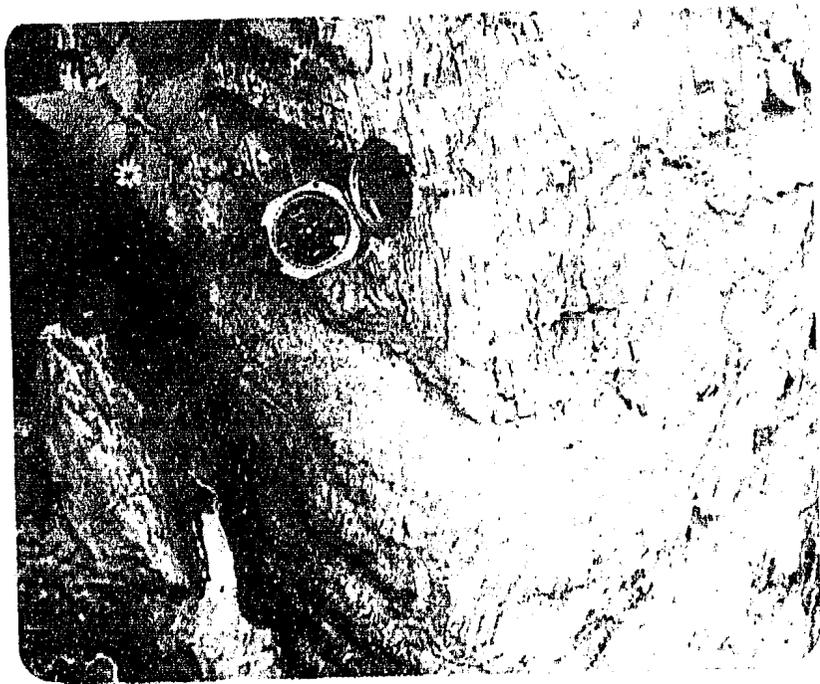


Fig. 14 Afloramiento de filitas gráficas (Fgc) - con intercalaciones de esquistos (en color claro) cerca del contacto con esquistos verdes (Ev11).

Filitas Grafíticas y Calcáreas(Fgc).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad filítica fué descrita por Elías(81), aflora principalmente en los alrededores de los poblados El Llano y El Mamey, - su espesor varía de 20 a 200 m, estas rocas con frecuencia se observan en pequeños cuerpos lenticulares aislados, se les considera como de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

Le sobreyacen en forma alternante metacalizas grises(Mcz) y sobreyacen en forma concordante a esquistos verdes(Evll).

En este tipo de rocas filíticas se encuentran alojados los lentes de sulfuros masivos del yacimiento de Santa Rosa, cerca del contacto con las rocas que le sobreyacen(Mcz).

Litología y Petrografía.

Las filitas son de color gris oscuro a gris café de poco a medianamente compactas y bajo los efectos del intemperismo adquieren un color café claro con tonalidades rojizas, perdiendo su compactidad(fig. 14).

Megascópicamente se reconocen cuarzo, sericita, grafito, calcita y pirita.

En las secciones delgadas se observa una textura esquistosa - con doble foliación, constituida por bandas de sericita(2-10%) - y/o grafito(5-20%) y de cuarzo(40-60%) con cantidades variables - de calcita(2-20%) y de sulfuros de fierro(2%) diseminados. En general el tamaño de estos minerales varía de 0.02 a 0.1mm(fig.15).

Origen.

Estas rocas se formaron muy probablemente a partir de sedimentos pelíticos y lodos calcáreos con zonas de materia carbonosa, - que se depositaron en una cuenca bajo condiciones reductoras con circulación restringida, ambiente favorable para el depósito de sulfuros masivos.



Fig. 15 Fotomicrografía de filitas grafíticas y calcáreas, en la que se aprecia la doble foliación al centro. Luz natural x63.

Metacalizas(Mcz).

Distribución y Relaciones de Campo

La presente unidad de metacalizas fué descrita por Parga(81),- aflora en dos franjas uniformes con rumbo NW-SE; una desde el cerro La Pila hasta la porción norte del poblado El Mamey donde es interrumpida por un sobrecorrimiento de metafelsitas y la otra - franja que viene del cerro de Castilla hacia la mina Santa Rosa y que se pierde al SE en la unidad litológica descrita anteriormente(Fgc).

Sobreyacen estas metacalizas en forma concordante en las inmediaciones del poblado El Sauz a filitas grafiticas(Fgs) y por sobrecorrimiento a rocas de la Formación Amatepec y a metafelsitas en el cerro de La Pila. Cerca de la mina Santa Rosa sobreyacen en forma alternante a filitas calcáreas(Fgc) y le sobreyacen en contacto concordante calizas y areniscas metamorfoseadas(Kia), por lo cual se les asigna a las metacalizas una edad del Cretácico Inferior.

Esta unidad está constituida por metacalizas de color gris oscuro bien foliadas y recristalizadas, con filitas calcáreas hacia la base. Bajo los efectos del intemperismo las metacalizas adquieren un color gris claro sin perder su compacidad, dentro de esta unidad calcárea se observan numerosas bandas de cuarzo de segregación acompañadas de calcita paralelas y cortando la foliación, - con espesores de unos milímetros hasta 50 cm(fig. 16).

Las metacalizas grises son muy compactas pero a pesar de esto se encuentran fuertemente plegadas mostrando numerosos micropliegues isoclinales en chevron. Se estima un espesor máximo de 350 m para esta unidad.

Litología y Petrografía.

Megascópicamente las metacalizas presentan estratificación delgada y foliación en una sola dirección, son de grano fino (de 0.03 a 0.75 mm) y su color varía de gris medio a negro, los filones de cuarzo presentes en general están aboudinados; en algunas partes especialmente cerca del contacto inferior presentan pirita diseminada.

En las secciones delgadas de metacalizas se observa una textura granoblástica cuando es más pura y semiesquistosa en las arcillosas. La textura granoblástica está constituida por un mosaico de granos xenoblásticos de calcita recristalizada (0.1-0.4 mm) con granos de cuarzo (0.03-0.75 mm), acompañados de grafito, muscovita y pirita.

Las metacalizas impuras presentan bandas de muscovita y granos de cuarzo con extinción ondulante que se orientan paralelamente con las bandas de calcita. La mineralogía está constituida exclusivamente por calcita (60-90%), cuarzo (5-30%), grafito (3-7%) y muscovita (1-4%), en cantidades menores al 1% se reconocen albita, sericita, pirita y titanita (fig. 17).

Origen.

Es factible que las rocas sedimentarias premetamórficas se depositaron en una cuenca somera y que durante el tiempo de deposición hubo ciertas perturbaciones en el control tectónico de la sedimentación con aporte de sedimentos pelíticos, arenosos y lodos calcáreos. El aporte de terrígenos fué disminuyendo hasta que se depositaron únicamente lodos calcáreos que actualmente constituyen las metacalizas, la presencia de grafito y pirita indican que estas rocas se depositaron originalmente en un ambiente reductor.



Fig. 16 Afloramiento de metacalizas en el que se observa la foliación y el cuarzo de segregación(en color blanco).



Fig. 17 Fotomicrografía de metacalizas en la que se aprecia la foliación(cuarzo y micas), en la parte superior se observa calcita. Nícoles cruzados x63.

Formación Amatepec(Kia).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad litológica del Cretácico Inferior, descrita por De Cserna(78) consiste de una intercalación de calizas en estratos delgados, subgrauvacas y areniscas calcáreas, las cuales sufrieron un metamorfismo de bajo grado a muy bajo grado(de facies de esquisto verde a anquimetamorfismo). Sobreyacen en forma concordante a metacalizas grises(Mcz) y subyacen en concordancia a rocas volcánicas de composición intermedia debilmente metamorfoseadas(Rv).

La Formación Amatepec se encuentra ampliamente distribuída en la porción occidental del área de estudio, el espesor máximo observable es de 400 m, las rocas que conforman esta unidad se encuentran afectados por numerosos micropliegues y mesopliegues generalmente asimétricos.

Litología y Petrografía.

Las calizas son de color gris oscuro muy compactas, foliadas y recristalizadas, se presentan principalmente en estratos delgados generalmente plegados con un crucero de fractura asociado a dicho plegamiento y cruzadas en diferentes direcciones por hilillos de calcita y cuarzo de segregación. Bajo los efectos del intemperismo estas rocas adquieren una coloración gris con tonalidades rojizas. Megascópicamente en estas calizas se pueden identificar calcita, cuarzo, pirita, minerales arcillosos y materia carbonosa.

Al microscopio se observa que las calizas están constituidas por un arreglo paralelo de bandas de calcita(0.15-0.4 mm) intercaladas con bandas de cuarzo(0.05-0.1 mm) y sericita(0.01-0.05 mm),

con algunas manchas de óxidos de fierro y materia carbonosa siguiendo la foliación. En estas calizas se observa claramente foliación y recristalización, tal vez ligeramente menor a las metacalizas (McZ) ya descritas (fig. 18).

El miembro de subgrauvacas que gradua a calizas arcillosas intercaladas con calizas, presenta estratificación media a delgada. Hacia la cima estructural se encuentran algunos horizontes de areniscas calcáreas intercaladas con calizas negras en estratos delgados. Megascópicamente las subgrauvacas son rocas compactas intensamente plegadas y fracturadas, de color gris verdoso a verde y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color café-rojizo perdiendo su compacidad, la mineralogía consiste principalmente de cuarzo (50-60%), micas (10-30%) y calcita (10%).

Las secciones delgadas de las subgrauvacas muestran que están constituidas esencialmente por bandas de cuarzo (0.03-1.5 mm) arregladas paralelamente con bandas de muscovita-sericita y/o clorita acompañadas ocasionalmente por diminutas bandas de materia orgánica y calcita en granos aislados (fig. 19), como minerales accesorios se reconocen albita, pirita e ilmenita. Las areniscas de grano fino pueden clasificarse como esquistos de muscovita-clorita.

Origen.

Es factible que esta unidad se haya depositado en una cuenca somera con aporte de sedimentos pelíticos y lodos calcáreos que originaron las calizas. Las subgrauvacas fueron originadas posiblemente como tobas híbridas y sedimentos arenosos depositados dentro de la misma cuenca. Posteriormente siguió el depósito de sedimentos calcáreos, con aporte de terrígenos y tobas. La presencia de materia orgánica y pirita, indican un ambiente reductor en la cuenca marina donde se depositaron estos sedimentos.

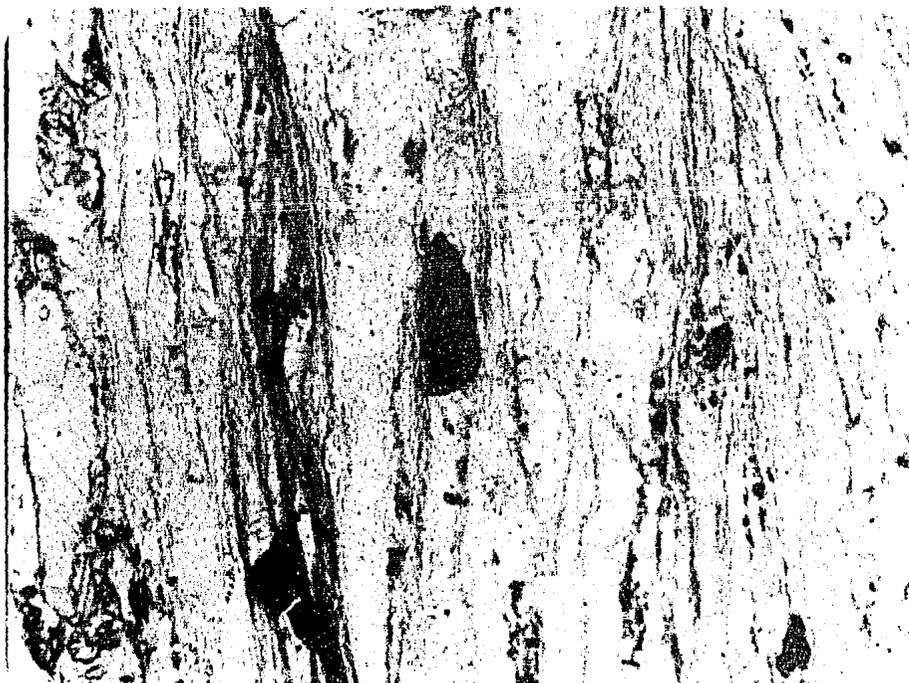


Fig. 18 Fotomicrografía de subgrauvacas metamorfoseadas en la que se observa la foliación.- Al centro un cristal de turmalina. Nícoles cruzados x63.

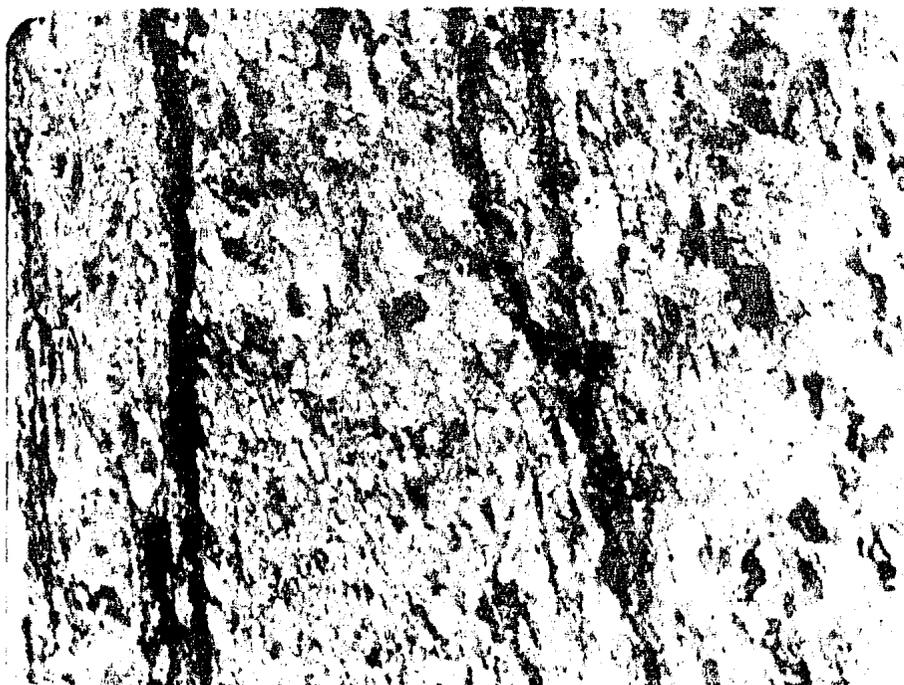


Fig. 19 Fotomicrografía de calizas metamorfoseadas (Kia) en la que se aprecia claramente la foliación. Nícoles cruzados x63.

Formación Xochipala Miembro Inferior(Rv).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta formación descrita por De Cserna(78) consta de dos miembros, uno volcánico y otro sedimentario, de edad Cretácico Superior.

El miembro inferior está constituido por un grueso paquete de más de 300 m de espesor de rocas volcánicas de composición intermedia debilmente metamorfoseadas, que en ocasiones presentan estructura brechoide y horizontes de lavas almohadilladas(pillow-lava). Aflora principalmente en los arroyos San José y Río Chiquito al occidente dentro del área de estudio. Hacia el sur(fuera del área de estudio) estas rocas verdes se acuñan dentro de la secuencia calcárea.

Estas rocas volcánicas sobreyacen concordantemente a las rocas de la Formación Amatepec(Kia) y le sobreyacen también en forma concordante calizas y lutitas ligeramente metamorfoseadas(miembro superior). En la porción NW del área le sobreyacen discordantemente derrames basálticos.

Litología y Petrografía.

Este miembro consiste esencialmente de una roca compacta de aspecto arenoso de color verde pistache a gris verdoso, que por intemperismo adquiere una coloración café y pierde parte de su compacidad(figs. 21 y 22). Su textura es porfídica con desarrollo ocasional de diaclasas. Megascópicamente se observan fenocristales de cuarzo(0.1-2mm) y plagioclasas(0.1-3mm) en una matriz verdosa, presenta hilillos de calcita y pirita fina.

Al microscopio estas rocas volcánicas presentan una foliación-

incipiente y textura hialopilitica reliquia, constituida por restos de agregados semiradiales de microlitos embebidos en una matriz vítrea parcialmente devitrificada y cloritizada. Los minerales esenciales son andesina(65%) principalmente en la matriz como microlitos aciculares; horblenda en fenocristales alterados a clorita y calcita; esfena en cristales euhedrales; como minerales accesorios se reconocen apatita, piritita, epidota, óxidos de fierro- y minerales arcillosos(fig. 20).

Origen.

Es evidente que estas rocas se formaron a partir de lavas de composición andesítica originadas por volcanismo submarino.

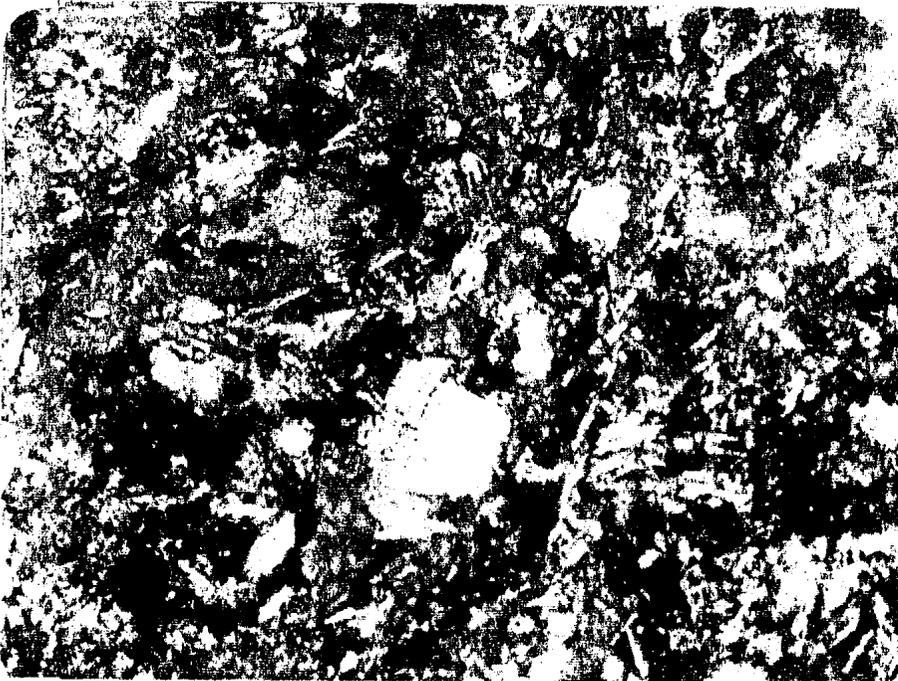


Fig. 20 Fotomicrografía de andesitas(Rv), se aprecia borrosa debido a la fuerte cloritización. Nicoles cruzados xl60.



Fig. 21 Afloramiento de andesitas(Rv) alteradas de color verde oscuro.



Fig. 22 Afloramiento de andesitas(Rv) con poca alteración de color gris.

Formación Xochipala, Miembro Superior(Ksxs).

Distribución y Relaciones de Campo.

El miembro superior consiste de calizas negras en estratos delgados con intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas, afectadas por metamorfismo de muy bajo grado(anquimetamorfismo). Sobreyacen en forma concordante a rocas volcánicas intermedias(Rv) del miembro inferior y subyace a andesitas basálticas con estructura en almohadilla(pillow-lava).

Este miembro de la Formación Xochipala aflora exclusivamente al SW dentro del área de estudio, con un espesor aproximado de 800 m.

Litología y Petrografía.

Las calizas son de color gris medio a negro muy compactas, se presentan principalmente en estratos delgados, intensamente plegados, se observan delgados hilos de calcita en forma paralela y cortando la estratificación y foliación incipiente(fig. 23). Bajo los efectos del intemperismo adquieren un color pardo amarillento sin perder su compacidad.

Megascópicamente en las calizas solo se reconoce calcita, cuarzo, pirita y materia orgánica.

Las lutitas y limolitas se presentan en estratos muy delgados de 1 a 5 cm de espesor con clivaje de roca característico. En general son de color café claro a oscuro, medianamente compactas y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color pardo amarillento con tonalidades rojizas perdiendo su compacidad.

Las secciones delgadas de las calizas más puras muestran un arreglo paralelo de calcita micrítica ligeramente recristalizada,-

se observan delgados hilos de calcita espática paralela y cortando a la foliación incipiente y cuarzo muy fino(0.01 mm) diseminado(fig. 24).

En las calizas impuras se observan microlitos de plagioclasas(0.1-0.35 mm) hasta en un 25%. La mineralogía de las calizas de esta formación consiste de calcita micrítica(60-95%), cuarzo(5%), plagioclasas(0-25%). En cantidades menores al 1% se observa materia carbonosa, pirita, hematita y minerales arcillosos. Por lo descrito anteriormente las calizas se clasifican como micríticas(fig. 24).

Origen.

Los lodos calcáreos que dieron origen a las calizas de esta formación se depositaron en una cuenca bajo condiciones reductoras y circulación restringida como lo marca la presencia de materia orgánica y pirita, asociada con volcanismo submarino.



Fig. 23 Afloramiento de calizas y lutitas (Ksxs) deformadas.



Fig. 24 Fotomicrografía en la que se aprecia un hilo de calcita cortando la foliación incipiente en las calizas (Ksxs). Nicoles cruzados x63.

Andesitas Cretácicas(Kand).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estas andesitas del Cretácico Superior se han reconocido principalmente por los diferentes barrenos con diamante efectuados en las áreas de Tizapa y Santa Rosa. Son cuerpos que principalmente se observan en forma concordante a la foliación(sills) de las rocas que los encajonan; de la Formación Amatepec(Kia), metacalizas (Mcz) y filitas gráficas(Fgc) cerca de los sulfuros masivos en el área de Santa Rosa. Al norte en Tizapa se han reconocido en las Filitas Temascaltepec(Ft), Esquistos Campanario(Ec), así como en metacalizas y en rocas de la Formación Amatepec. El espesor de estos diques y sills en general varía de 0.5 a 3 m.

Litología y Petrografía.

Las rocas andesíticas son compactas de color gris claro, que con intemperismo adquieren tonalidades rojizas. Megascópicamente se pueden reconocer cuarzo, feldespatos y sulfuros de fierro.

Las secciones delgadas permiten observar una textura holocristalina porfídica, la mineralogía de estas rocas se restringe a oligoclasa-andesina(80%) y cuarzo(8%), el tamaño de estos cristales en general varía de 0.03 a 0.09 mm, también se observan fenocristales de feldespato de 1 mm; como minerales secundarios se reconocen clorita(6%), calcita(2%), sericita(5%) y hematita.

Origen.

Es muy probable que estos diques estén genéticamente relacionados con la extrusión de las lavas andesíticas(Rv).

Formación Malpaso(Ksm).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta formación del Cretácico Superior fué descrita por De Cserna(76) y el mismo autor(1984) la denominó como Formación Arcelia. Consiste de andesitas basálticas con estructura en almohadilla(pillow-lava) con intercalaciones de limolitas y lutitas principalmente hacia la cima, con algunos intervalos de calizas impuras en estratos delgados. Las rocas de la Formación Malpaso sobreyacen en forma concordante a las rocas calcáreas de la Formación Xochipala. Fuera del área especialmente en la Sierra de Nanchititla(4-km al SW) subyacen de manera discordante a rocas del Terciario del Grupo Balsas.

Las lavas almohadilladas de esta formación afloran exclusivamente en la porción SW dentro del área de estudio. Al oriente, cerca del poblado de Teneria se observa un pequeño lente de estas lavas andesítico-basálticas.

Litología y Petrografía.

Las rocas andesítico-basálticas son compactas de aspecto arenoso de color café a café rojizo y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color pardo amarillento. Megascópicamente se observan plagioclasas, piroxenos, calcita y óxidos de fierro.

Las secciones delgadas muestran una textura microlítica con fenocristales de olivino, piroxenos y feldespatos. Se observan coronas o bordes kelifíticos(fig. 25) de olivino en hiperstena(de 0.7 a 1.5 mm). Los microlitos son de plagioclasa sódica, principalmente andesina(0.06-0.16).

Los minerales esenciales de estas rocas volcánicas son: plagio

clajas(90%), olivino(3%), piroxeno(5%), en cantidades menores al-
1% se reconocen calcita, sericita, pirita, minerales arcillosos y
óxidos de fierro.

Origen.

Es evidente que estas rocas se originaron a partir de lavas de
composición andesítico-basáltica, emplazadas por volcanismo subma-
rino, como lo indican su estructura de pillow-lava y los sedimen-
tos calcáreos que se observan.



Fig. 25 Fotomicrografía en la que se aprecia un -
cristal de olivino encerrado por hiperste-
na(coronas), en andesitas basálticas(Ksm)
Nicoles cruzados x63.

Diques Básicos(Dba).

Distribución y Relaciones de Campo.

Los diques y sills básicos del Cretácico Superior, se observan principalmente en los barrenos con diamante efectuados en metacalizas(Mcz) y en las rocas de la Formación Amatepec(Kia), así como en la mina Santa Rosa; estos diques y sills miden en general de 0.5 a 1.5 m de espesor. Solo se observa un pequeño afloramiento al occidente del Sauz, dentro del área de estudio, de 9 m de ancho.

Litología y Petrografía.

Los diques básicos son de color gris verdoso oscuro muy compactos, que bajo la acción del intemperismo adquieren tonalidades rojizas. En las secciones delgadas se observa una textura porfirítica, su mineralogía consiste de plagioclasas(andesina-labradorita) (90%), hornblenda(5%), olivino(3%) e hiperstena(1%). En cantidades menores al 1% se reconocen epidota, calcita y óxidos de fierro. - La composición de estos diques es andesítico-basáltico.

Origen.

Los diques y sills básicos, muy probablemente están relacionados genéticamente a las rocas de la Formación Malpaso.

Grupo Balsas(GB)(Brecha Tectónica(Brt)).

Distribución y Relaciones de Campo.

El Grupo Balsas, de gran heterogeneidad litológica y de origen continental fué descrita por Fries(57) y está constituido por calizas lacustres, conglomerados, brechas, areniscas, limolitas, lutitas, lavas y tobas andesíticas de edad Eoceno-Oligoceno.

Al norte dentro del área de estudio solo aflora un miembro de brechas(Brt) y hacia el sur cerca de Almoloya de las Granadas afloran limolitas, conglomerados y tobas de composición intermedia; en estas rocas como rasgo distintivo se forman arroyos con valles en forma de "U" de 15 a 20 m de profundidad y ancho inferior a 4 m. Le sobreyacen en forma discordante lavas e ignimbritas riolíticas y en ocasiones basaltos. Sobreyacen en forma discordante a las Filitas Temascaltepec y fuera del área en la Sierra de Nanchititla a rocas de la Formación Malpaso, las brechas de este grupo(Brt) son intrusionados por rocas graníticas y riolíticas. El espesor del Grupo Balsas es variable pero en general menor a 200m

Litología y Petrografía.

Las brechas son de color gris claro de mediana a fuertemente compactas cuando sufren silicificación por estar en contacto con rocas ígneas intrusivas, que bajo los efectos del intemperismo adquieren tonalidades amarillentas perdiendo su compacidad.

Megascópicamente se observan en las brechas fragmentos de roca angulosos(de 1 mm a 50 cm) de filitas y en ocasiones de esquistos, cuarzo y feldespatos en una matriz fina.

En las secciones delgadas se observa además de los fragmentos de roca, feldespato potásico(10%) de 1-1.5 mm en tamaño, cuarzo -

(4%) con extinción ondulante o recta de 0.7-1.0 mm de diámetro.

La silicificación se manifiesta en forma de hilillos rellenando fracturas, en la matriz, en los fragmentos de roca, en los feldespatos e incluso en fenocristales de cuarzo (fig. 26).

El origen de la matriz, no se observa claramente en las brechas compactas debido a la silicificación y en las poco compactas debido a su fuerte alteración. La presencia de fenocristales de feldespato y cuarzo nos podría indicar un origen volcánico, pero es más conveniente considerar a estas rocas como brechas tectónicas con probable asociación a tobas andesíticas, como las que se observan en los alrededores del poblado de Teneria, localidad en la que se observan además de las tobas, limolitas y conglomerados; cerca del río Temascaltepec estas rocas son cortadas por un dique aplítico que se pierde bajo los depósitos cuaternarios.

Origen.

El Grupo Balsas representa un depósito de tipo molasse continental.



Fig. 26 Fotomicrografía de brechas tectónicas, en la que se observa la silicificación en la matriz y en cuarzo. Nicoles cruzados x63.

Andesitas Terciarias(Tand).

Distribución y Relaciones de Campo.

Este tipo de rocas volcánicas del Eoceno, afloran exclusivamente entre las minas San Rafael y Amelia II, en el interior de estos socavones es donde mejor se observan las andesitas.

Estas rocas se encuentran en contacto con el granito y en una pequeña porción alojan a la veta "La Guitarra", se observan como un cuerpo irregular con espesor inferior a 30 m y extensión muy restringida.

Litología y Petrografía.

Las rocas andesíticas son de color gris rojizo con tonalidades verdes intensamente alteradas, de poco a muy poco compactas. La mineralogía reconocible se restringe a algunos cristales de feldspatos y cuarzo en una matriz afanítica de clorita y minerales arcillosos.

Origen.

Este tipo de rocas en Ixtapan del Oro y Miahuatlán, Edo. de Méx. han sido consideradas como de edad preintrusiva granítica, se correlacionan con las rocas de la misma composición observables en los alrededores de Temascaltepec. Estas rocas extrusivas probablemente se depositaron antes del emplazamiento granítico.

Rocas Igneas Intrusivas(Adamellita, Granito y Diorita).

Las rocas ígneas que afloran principalmente en la porción NE -- del área de estudio son parte de un gran tronco de composición -- ácida de edad Terciario Inferior, probablemente del Oligoceno. Es-- tas rocas varían en composición de granito al NE a adamellita ha-- cia el SW, con variaciones en composición a diorita más hacia el-- occidente.

Este tronco(stock) al intrusionar las rocas preexistentes las-- desplaza y en diferentes localidades(al NE del cerro El Peñon) so-- lo quedan como pequeños cuerpos lenticulares irregulares las ro-- cas preintrusivas(principalmente Filitas Temascaltepec y Brechas-- Tectónicas), la mayoría de estos cuerpos no son cartografiables.

Las rocas granitoides son intrusionadas a la vez por rocas rio-- líticas y microgranitos y alojan vetas de cuarzo importantes.

Adamellita(Ad).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estas rocas afloran en la porción central del área de estudio, le sobreyacen en forma discordante basaltos del Cuaternario y son intrusionadas por pórfidos riolíticos.

Litología y Petrografía.

Las adamellitas son de color gris claro muy compactas de grano medio a grueso(de 1mm a 3cm) y que bajo los efectos del intempe-- rismo adquieren un color amarillo ocre perdiendo parte de su com-- pacidad.

Presentan un juego de diaclasas $NW55^{\circ}-60^{\circ}$; $NW30^{\circ}-40^{\circ}$ y $NE2^{\circ}$ ---

10° en diferentes localidades las adamellititas.

Megascópicamente en estas rocas intrusivas se aprecia textura fanerítica constituida por cuarzo, feldespato y biotita.

Las secciones delgadas muestran una textura holocristalina-hidromórfica de grano medio a grueso. Los minerales esenciales -- son cuarzo(15-20%), plagioclasa sódica(40%), feldespato potásico(25-30%) y biotita(10-15%).

Las plagioclasas observables son principalmente cristales subhedrales de oligoclasa-andesina de 1-2.5 mm, el cuarzo se presenta en cristales subhedrales de 1-1.5 mm y en ocasiones de 0.1-0.2 mm. Los feldespatos presentes son la ortoclasa y la microclina -- los cuales se presentan en cristales anhedrales de 1-3mm y formando intercrecimientos gráficos con el cuarzo. La biotita se observa en cristales individuales menores a 1 mm, algunos de los cuales se encuentran deformados. Como minerales accesorios se observan algunos cristales de zircón, apatita y pirita; y secundarios como clorita, hematita, calcita, sericita y minerales arcillosos.

En el estudio de Elías(81 p.83) se muestra una tabla con el análisis químico de esta unidad, en la que el contenido de óxidos de calcio y sodio es de 4.5% y el de potasio(K₂O) es de 4.8%; comparados estos resultados con los estudios de Nockolds(54) en Huang(68 p.108) de adamellita promedio con 5.8% de óxidos de calcio y sodio y 4.58% de K₂O y para granodiorita promedio es de 7.4% y 3.07%, por lo que estas rocas se clasifican como adamellititas.

Origen.

Es evidente el origen plutónico para estas rocas y probablemente estén asociadas genéticamente a las primeras etapas de la Orogenia Laramida.

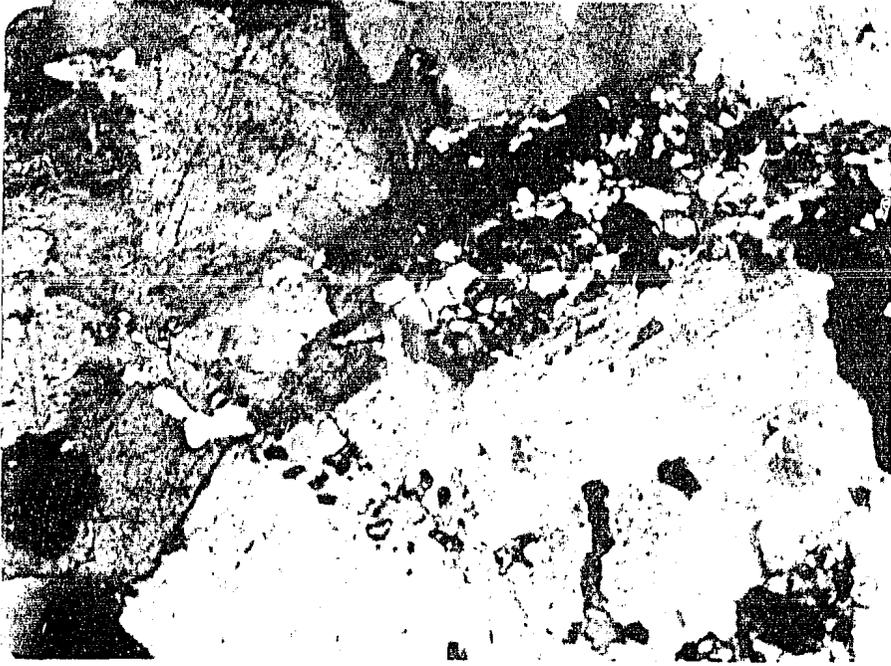


Fig. 28 Fotomicrografía en la que se observa clo-
rita(esquina sup. derecha) y plagioclasas
alteradas a la derecha en adamellita(Ad).
Nicoles cruzados x63.



Fig. 29 Afloramiento de granito(Gr) en el que se
observa el juego de diaclasas.

Granito(Gr).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estas rocas afloran al NE dentro del área de estudio, le sobre yacen en forma discordante basaltos y en ocasiones ignimbritas -- riolíticas, en varias localidades(más hacia el norte), le cubren -- aparentemente una delgada pelígula de filitas y brechas, a las -- cuales intrusionó y desplazó, al momento del emplazamiento del -- tronco(stock).

Los granitos son intrusionados por diques riolíticos, microgra nitos y alojan a las vetas de cuarzo.

Litología y Petrografía.

Los granitos son de color gris claro muy compactos de grano me dio a grueso, bajo la acción del intemperismo adquieren un color amarillo ocre y pierden su compacidad hasta el grado de ser des-- leznables.

Presentan estas rocas un juego de diaclasas con rumbo princi-- pal de NE40° y NE85°(fig. 29).

Megascópicamente en los granitos se observa una textura fanerí tica conformada por cuarzo, feldespatos y biotita.

En las secciones delgadas de muestras superficiales así como - de barrenaciones con diamante, muestran una textura holocristali na hipidiomórfica de grano medio a grueso. Los minerales esencia les son cuarzo(25%) y microclina(40%); los accesorios oligoclasa andesina(20%), biotita(10%), apatita(1%); los secundarios clorita , sericita, calcita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

El cuarzo se presenta en cristales anhedrales y subhedrales de 2-6 mm con extinción recta. Los feldespatos potásicos presentes--

(microclinas) ocurren en cristales anhedrales y subhedrales y en -
pertitas de 3-9 mm principalmente, en general están más alterados
que las plagioclasas, que también se presentan en cristales subhe-
drales y anhedrales de oligoclasa principalmente, de 1-10 mm.

La biotita ocurre en cristales anhedrales y subhedrales disemi-
nados de tamaño inferior a un milímetro. La apatita se observa en
cristales euhedrales disseminados o como inclusiones de 0.02 mm.

Los minerales secundarios se observan en finos cristales en --
cantidades menores al 2%.

Origen.

Los granitos están asociados al emplazamiento plutónico de las
adamellititas y como resultado de una variación en la composición,-
común en el emplazamiento de stocks o batolitos.

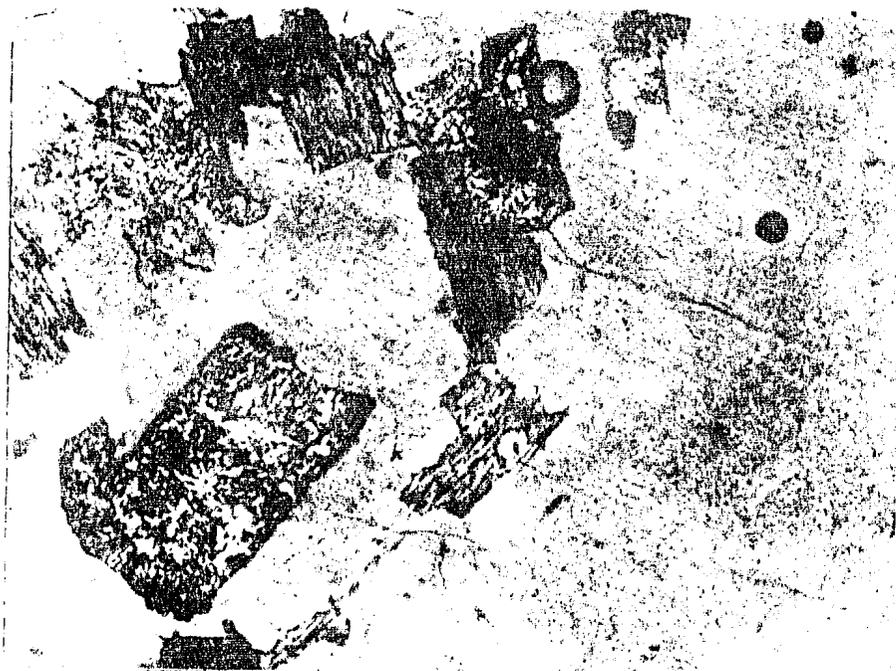


Fig. 29 Fotomicrografía de granitos(Gr) en la que
se observan micropertitas y plagioclasas-
alteradas. Nicoles cruzados x63.

Diorita de Horblenda(Dta).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estas rocas intrusivas de edad Terciario(Oligoceno), afloran exclusivamente al NW del área de estudio, al sur del Potrero de Tenayac, se encuentran emplazadas en la parte baja de la secuencia metamórfica(Augengneis y Esquistos Cuarzo-Feldespáticos), a la vez le intrusionan diques riolíticos.

Litología y Petrografía.

Las dioritas son de color gris verdoso muy compactas y que bajo los efectos del intemperismo adquieren una coloración café crema perdiendo su compacidad.

Megascópicamente en las dioritas se aprecia una textura fanerítica-holocristalina de grano grueso, constituida por cuarzo, plagioclasa, horblenda, óxidos de fierro y minerales arcillosos.

En las secciones delgadas se reconoce una textura holocristalina-hipidiomórfica de grano grueso. Los minerales esenciales son - cuarzo(10%), oligoclasa-andesina(55%), horblenda(30%). Como minerales accesorios se reconocen: biotita, piritita y apatita; y como secundarios clorita, óxidos de fierro y minerales arcillosos.

Origen.

Es evidente su origen intrusivo y como resultado de la variación en composición al emplazamiento granítico.

Diques Aplíticos(Dap).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estos diques ácidos del Terciario(Oligoceno), afloran principalmente en las cercanías de los poblados Los Martinez, El Sauz y al norte de Teneria. Son cuerpos tabulares de 1 a 25 m de espesor, su orientación principal es NW-SE con buzamiento hacia el sur, intrusionando a la secuencia metamórfica y a rocas del Grupo Balsas.

Litología y Petrografía.

Las aplitas son de color gris medio muy compactas de aspecto arenoso, que bajo la acción del intemperismo adquieren un color crema con tonalidades rojizas.

En las secciones delgadas se observa una textura holocristalina-hipidiomórfica(micrográfica) de grano fino(0.04-1.0 mm).

Los minerales esenciales son; cuarzo(20%), plagioclasa sódica(65%) y biotita(8%); los accesorios son ortoclasa, zircón, apatita; como minerales secundarios se reconocen sericita, calcita, hematita y minerales arcillosos.

El cuarzo y las plagioclasas(oligoclasa-andesina) se observan formando intercrecimientos micrográficos y en algunos fenocristales de hasta un milímetro en tamaño. El zircón y la apatita se observan en finos cristales de 0.05 mm de tamaño.

Origen.

Estos diques probablemente están relacionados al emplazamiento del tronco granítico en su última fase magmática tardía.

Diques Micrograníticos(Mgr).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estos diques de edad Oligocénica, afloran principalmente al NE dentro del área de estudio, intrusionando al granito y asociados a las vetas de cuarzo, también se observan algunos diques en los arroyos El Ahogado y Frío al Oeste del área.

El espesor de estos diques varía de menos de un metro a 30 m, en general se encuentran orientados en una dirección NW40°-60° y buzamiento hacia el sur.

Litología y Petrografía.

Los microgranitos son de color gris claro verdoso a amarillento muy compactos de aspecto sacaroidal y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color café claro perdiendo parte de su compacidad.

En las secciones delgadas se observa una textura holocristalina-hipidiomórfica(micrográfica), constituida por intercrecimientos de cuarzo y feldespato potásico.

Los minerales esenciales son; cuarzo(25%) y feldespato potásico(50%); los accesorios plagioclasa sódica(20%), apatita y titanita; como minerales secundarios se reconocen sericita, calcita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

El cuarzo y el feldespato potásico(microclina) se presentan formando intercrecimientos cuneiformes de 0.2-0.5 mm y en fenocristales anhedrales y subhedrales de 0.7-1.6 mm. Las plagioclasas observadas son principalmente oligoclasa-andesina de 0.1-0.3 mm, la apatita y la esfena se presentan en microcristales euhedrales de 0.03 mm. En o cerca del contacto con las vetas de cuarzo -

se observa fuerte silicificación.

Origen.

Estos diques micrograníticos están relacionados genéticamente a las rocas riolíticas y vetas de cuarzo, como lo muestra su asociación espacial y a la orientación similar que presentan.



Fig. 30 Fotomicrografía de microgranito, en la que se observa al centro intercrecimientos de cuarzo en feldespato potásico. - Nicoles cruzados x63.

Riolita Fluidal(Rf).

Distribución y Relaciones de Campo.

Con el nombre de Riolita Fluidal se agrupa a rocas extrusivas de composición riolítica como vitrófidos(piedra pez), tobas, ignimbritas y lavas. Esta unidad litológica fué descrita por Fries (60) como Riolita Tiltzapotla(cerca del poblado del mismo nombre al sur del lago de Tequesquitengo). Por estudios radiométricos utilizando el zircón de estas rocas, el mismo autor(Fries, 62 p99) le determinó una edad de 26 m.a. que corresponde al Oligoceno Superior.

Las rocas de esta unidad afloran principalmente al norte dentro del área de estudio. El espesor es variable, aparentemente es de más de 350 m pero debido a que estas rocas se emplazaron sobre una topografía preexistente, es conveniente considerar un espesor aproximado de 200 m para esta unidad. Se diferencian las rocas de carácter intrusivo(pórfido riolítico) debido a que éstas se encuentran asociadas a las vetas de cuarzo y serán estudiadas en otra sección.

Litología y Petrografía.

Las rocas riolíticas son de color gris rosaceo a café crema -- muy compactas y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color café rojizo perdiendo parte de su compacidad. Los vitrófidos riolíticos son de color café rojizo y lustre resinoso.

Megascópicamente en las rocas de esta unidad se observa una textura afanítica con algunos fenocristales de cuarzo y feldespatos, acompañados de fragmentos de roca de filitas y de esquistos.

En las secciones delgadas se observa una textura eutaxítica y-

esferulítica. Las rocas(ignimbritas y vitrófid^os) están constituidas por una pasta microfelsítica y vítrea en la que se observa un bandeamiento fluidal(eutaxítica) de 0.04-0.05 mm de ancho y esferulitas de calcedonia(0.05 mm) debido a devitrificación. Se observan fragmentos de rocas(8-10%) de filitas y esquistos. En cantidades menores a 3% se observan fenocristales subhedrales de cuarzo-engolfado(0.5-3 mm) y sanidino(1.2-1.5 mm). Como minerales secundarios se presentan sericita, hematita, limonita y calcita.

Origen.

Es evidente su carácter extrusivo de esta unidad como lo muestran el arrastre de materiales y el tipo de rocas, principalmente ignimbritas y vitrófid^os.



Fig. 31 Afloramiento de ignimbritas riolíticas en el que se observan diaclasas(Mesa de San-Luis).

Pórfido Riolítico(Pr).

Distribución y Relaciones de Campo.

Las rocas riolíticas porfídicas afloran principalmente al NE - dentro del área de estudio, formando cerros como el Peñon y Santa Teresa y en forma de diques de un metro a cerca de 90 m de espesor. Al NE su espesor es inferior a 25 m con rumbo NW40°-60° y buzamiento hacia el sur. Estas rocas intrusionan a casi toda la secuencia premiocénica, en la mina San Antonio(al NE del área) se observa mineralización principalmente de sulfuros de fierro en el contacto con granito. Se considera a estas rocas como miocénicas.

Litología y Petrografía.

Las riolitas porfídicas son de color café crema muy compactas y que bajo los efectos del intemperismo adquieren un color pardo.

Megascópicamente se observa una textura porfídica y se reconocen fenocristales de cuarzo y feldespato en una matriz fina.

En las secciones delgadas se observa una textura esferulítica, la calcedonia(15%) radial forma las esferulitas de 0.2-0.25 mm, - el cuarzo(40%) se observa en microlitos(0.01-0.4 mm) y en delgados hilos(0.4 mm) y fenocristales engolfados(0.5-1.5 mm). El feldespato(sanidino)(40%) se observa en microlitos(0.01-0.04 mm) y fenocristales(0.5-1.5 mm).

Origen.

Estas rocas porfídicas estan relacionados genéticamente al emplazamiento de las vetas de cuarzo debido a su asociación y/u orientación, así como por algunos diques riolíticos silicificados.



Fig. 32 Afloramiento de diques riolíticos(Pr) par-
cialmente silicificados.



Fig. 33 Fotomicrografía de ignimbritas en la que -
se observan las texturas esferulítica(al -
centro) y eutaxítica(a la izquierda), a la
derecha un fragmento de filitas. Nicoles -
cruzados x63

Sedimentos Lacustres y Conglomerados(Slc).

Distribución y Relaciones de Campo.

Estos depósitos epiclásticos de edad Plioceno-Pleistoceno(Formación Cuernavaca o Chontoalpan en Ixtapan de la Sal, Campa 78),- solo afloran al norte de la mina Tizapa y se han detectado en la mayoría de los barrenos con diamante efectuados en esta zona por el C.R.M.

El espesor de estos depósitos continentales varía de 6 a 20 m, sobreyacen de manera discordante a las rocas de la secuencia volcanosedimentaria y le sobreyacen también discordantemente basaltos y andesitas basálticas.

Litología y Petrografía.

Los depósitos epiclásticos consisten de limos, arenas, conglomerados, tobas y brechas volcánicas. Los limos y arenas en general son de color café claro, poco consolidados; los conglomerados y brechas volcánicas están constituidos por fragmentos de rocas - riolíticas, andesíticas, basálticas y de esquistos y filitas; las tobas son de composición intermedia y básica.

Origen.

Las rocas de esta unidad se depositaron probablemente en una fosa continental rellenandola(Campa 79).

Basaltos y Andesitas Basálticas(B).

Distribución y Relaciones de Campo.

Esta unidad comprende derrames andesítico-basálticos de edad Cuaternaria, están ampliamente distribuidas dentro del área de estudio formando mesas y pequeños conos volcánicos aislados. En algunas localidades(Zacazonapan) pueden observarse diaclasas columnares. El espesor de las rocas basálticas varía de 20-80 m, en algunas ocasiones se observan tobas en el contacto con las rocas a las que cubre discordantemente.

Litología y Petrografía.

Los basaltos son rocas muy compactas de color gris oscuro y -- que bajo la acción del intemperismo adquieren tonalidades rojizas

Megascópicamente se observa una textura porfídica y se reconocen fenocristales de olivino y piroxeno en una matriz fina oscura

En las secciones delgadas se observa una textura pilotáxica - porfídica, constituida por una matriz de plagioclasas(labradorita de 0.07-0.20 mm) distribuida en arreglos semiparalelos que rodean a fenocristales subhedrales y euhedrales de olivino(0.2-1.2 mm) e hiperstena(0.2-0.9 mm). Los minerales esenciales son labradorita-(55%), olivino(5-20%) e hiperstena(0-15%). Como mineral accesorio solo se observa magnetita y como secundarios óxidos de fierro y - minerales arcillosos.

Origen.

Estas rocas andesítico-basálticas están asociadas genéticamente a la actividad del Eje Neovolcánico.

Tectónica.

Los rasgos estructurales más notables de la secuencia metamórfica son una foliación regional que en la mayoría de los casos es ta plisada, con micropliegues, mesopliegues y milonitización. De los elementos lineales, el más notable es la lineación plisada - que se observa en muchos intervalos filíticos y en algunos esquistos, en algunas ocasiones se observan lineamientos definidos por ejes de micropliegues. Como elementos estructurales posteriores - se observan fallas inversas, normales y fracturamiento.

Dentro del área de estudio se han identificado 5 fases de de--formación por diferentes autores; 4 compresionales y una distensi--va, de las cuales solo las dos primeras están acompañadas de even--tos metamórficos.

Primera Fase de Deformación.

La primera fase de deformación fué la más intensa y se manifes--tó principalmente por un intenso plegamiento acompañada por una --foliación(S1) del tipo de foliación de plano axial.

Los pliegues(P1) originados por esta deformación son principal--mente del tipo isoclinal y subisoclinal asimétrico. Durante esta--deformación se llevo a cabo la cristalización de minerales meta--mórficos sintectónicos; estos filosilicatos crecieron orientados--y la mayor parte de ellos se dispusieron paralelamente según los--planos de foliación. La milonitización incipiente presente en al--gunas partes de esta secuencia, probablemente se desarrolló duran--te esta fase deformante.

La foliación desarrollada en general es paralela a la estrati--ficación, como lo evidencia el paralelismo entre los contactos --geológicos y la foliación.

Segunda Fase de Deformación.

Las estructuras microscópicas y mesoscópicas correspondientes a la segunda fase de deformación son muy abundantes. La principal de estas estructuras está representada por una esquistosidad de fractura o crucero plisante S_2 (fig. 8) que se desarrolló durante la segunda fase de deformación. Este tipo de foliación se conoce como "strain slip cleavage" (Colorado Lievano, 79 p.39), pero Hobbs y colaboradores (76) le nombran "crenulation cleavage" (crucero plisante). Este crucero plisante S_2 afectó a la foliación S_1 , definido por una orientación preferencial de los filosilicatos microplegandola. Los pliegues P_2 son generalmente angulosos y asimétricos

Durante esta deformación se originaron las estructuras de "boudinage", que se observan especialmente en las filitas y metacalizas.

Tercera Fase de Deformación.

Prácticamente esta tercera fase es la responsable de la posición actual de las rocas metamórficas y está representada por un pliegue anticlinal de magnitud regional con sus ejes orientados NW-SE doblemente buzante, así como por fallas inversas con deslizamiento en general hacia el norte.

Cuarta Fase de Deformación.

Esta cuarta fase post-eocénica está representada por un arqueamiento regional, del eje de las estructuras de gran radio de curvatura, que se orienta a groso-modo al NW-SE.

La existencia de esta cuarta fase es sugerida por Campa (78) y De Cserna (78) en base a las siguientes evidencias:

Los depósitos molasse(Grupo Balsas) de edad Paleoceno-Eoceno - presentan inclinación de más de 40° promedio hacia el NE.

Los emplazamientos riolíticos que se depositaron rellenando zonas bajas de valles antiguos, en la actualidad se encuentran en posiciones anormalmente elevadas.

Las rocas del Grupo Balsas, al igual que la secuencia metamórfica también se encuentran en una posición anormal(Campa, 77).

Acompañada a esta cuarta fase deformativa se presentan los plútones graníticos.

Fase Distensiva.

La fase distensiva Pliocuaternaria está caracterizada por una serie de fallas normales a diferentes escalas que afectan a la secuencia litológica y probablemente están asociadas a la tectónica del Eje Neovolcánico, con su volcanismo Pliocuaternario, ampliamente estudiado por Demant(78), Mooser(68,72,85) y otros autores. En general las fallas normales se orientan en dos direcciones una NW-SE y la otra NE-SW.

Las diaclasas que se observan principalmente en las rocas ígneas del Terciario(figs. 29 y 31) están asociadas a esta etapa distensiva.

Colorado Lievano(79) le asigna una edad Albiana a la primera fase y a la segunda Albiana-Cenomaniano. La tercera fase corresponde a la Orogenía Laramidae(Paleoceno) y la cuarta fase posteo-cénica.

Esta fase distensiva evidentemente es de edad Mioceno Superior Cuaternario.

Historia Geológica.

Introducción.

La historia geológica de la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada que aflora en la región Taxco-Zitacuaro, es muy complicada e incierta desde el primer paso para la determinación de su edad, la cual se discute a continuación.

Las rocas más antiguas de la región son las de la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada, que fué descrita por Fries (60) como Esquisto Taxco asignándole una edad del Paleozoico Tardío. De Cserna, et al.(1974b), dataron por el método Plomo-Alfa al Esquisto Taxco con una edad de 1020 ± 110 m.a.(Precámbrico Tardío).

Mugica M.R.(1980) obtuvo edades isotópicas que varían del Jurásico Temprano al Cretácico Tardío en rocas metamórficas de bajo grado del área de Arteaga al SW del Estado de Michoacan, con el método Potasio-Argón, el cual da edades mínimas, las cuales probablemente corresponden al metamorfismo regional(facies de esquisto verde) que manifiestan estas rocas.

Recientemente en la hoja "Tejupilco"(I.G.UNAM), De Cserna(84,- p. 11 y 12) menciona determinaciones isotópicas preliminares del Augengneis por el Dr. R.L. Armstrong, al cual le asigna una edad del Paleozoico Tardío y que el cese de las condiciones de metamorfismo en esa área tuvo lugar durante el Eoceno(no se menciona método ni año en el cual se realizó dicho estudio).

Campa, et al.(1974) reporta fauna(principalmente amonitas) del Jurásico Tardío(Titoniano) de la secuencia volcanosedimentaria en la región de Ixtapan de la Sal, Edo. de Méx., la cual correlaciona en base a la litología con las rocas metamórficas de Taxco-Arcelia, Gro.: Temascaltepec-Valle de Bravo, Edo. de Méx.

Colorado lievano(79), considera a las rocas de esta secuencia como de edad Mezosoica(Triásico-Cretácico).

Ortega Gutierrez(81), considera a las rocas de esta secuencia como de edad Mesozoica en el Complejo Metamórfico de "Tierra Caliente", por las diferencias de metamorfismo como en litología y tectónica con los complejos de Oaxaca(Proterozoico Medio) y el de Acatlán(Paleozoico).

En el presente trabajo se considera a la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada como de edad Jurásico-Cretácico, debido a que no es clara una discordancia entre las rocas de la Formación Amatepec y a las que sobreyacen(metacalizas), ya que ambas rocas presentan las mismas fases de deformación con sus características (pliegues y foliación) y en los diferentes barrenos con diamante efectuados en el área de Santa Rosa en las dos unidades litológicas no se observa discordancia, además de la afinidad litológica de estas dos unidades. Solo en ocasiones se aprecia un poco de mayor intensidad en el buzamiento en las rocas más jóvenes y menor metamorfismo. La mayor intensidad en el buzamiento es relativa ya que las rocas están intensamente plegadas y deformadas y por su carácter más arcilloso tienen diferencias en competitividad con las metacalizas más puras(Mcz).

El metamorfismo más intenso observable en las metacalizas con una mejor foliación y recristalización respecto a las calizas a las que subyace(Kia) se puede deber a que estas últimas son más impuras y no permiten fácilmente la recristalización, que a pesar de esto si es clara la foliación y recristalización(figs.18 y 19)

Durante la union de las placas continentales Norteamericana y Sudamericana (Salvador y Green, 1980), sufrieron fuerte fracturamiento tensional durante el Triásico Tardío (200 m.a.), originandose una zona de subducción con asociación de eugeosinclinal-arco insular formando una faja estrecha a lo largo de la margen occidental de las placas, esta faja inestable y activa ha persistido en una forma u otra desde el Triásico Tardío hasta nuestros días.

Dickinson (82) considera la formación del arco volcánico durante el período del Triásico al Jurásico (225-150 m.a.) en Sonora y California, la probable extensión de este arco cordillerano hacia el sur dentro de México central no está bien controlado. Durante el Jurásico Tardío y Cretácico (150-75 m.a.) este arco se desarrollo mejor con migración hacia el occidente y extensión hacia el sur, alcanzando en esa época a la península de California y casi toda la costa pacífica norteamericana (México y Estados Unidos).

Carfanta (83) considera que durante el Jurásico Superior (Oxfordiano-Kimmeridgiano) se formó el arco volcánico asociado a la subducción pacífica al norte de la península de California y en el Kimmeridgiano-Portlandiano este arco alcanza la parte central de México y en el período del Jurásico Tardío al Cretácico Medio (Turoniano) se localiza en el borde pacífico de Centroamérica y Norteamérica.

En los estudios de Parga (81) y Elías (81), consideran a la secuencia metamórfica en Tizapa y Almoloya de las Granadas, respectivamente como terrenos metamórficos de baja presión y alta temperatura del tipo Abukama, según Miyashiro (1961). Este último autor por diversos estudios considera la existencia de cinturones metamórficos acoplados uno de alta presión y baja temperatura y el otro de baja presión alta temperatura (fig. 35).

Miyashiro (1972 en Winkler, 76) explica que el cinturón de alta presión se localiza normalmente en el lado oceánico del de baja -

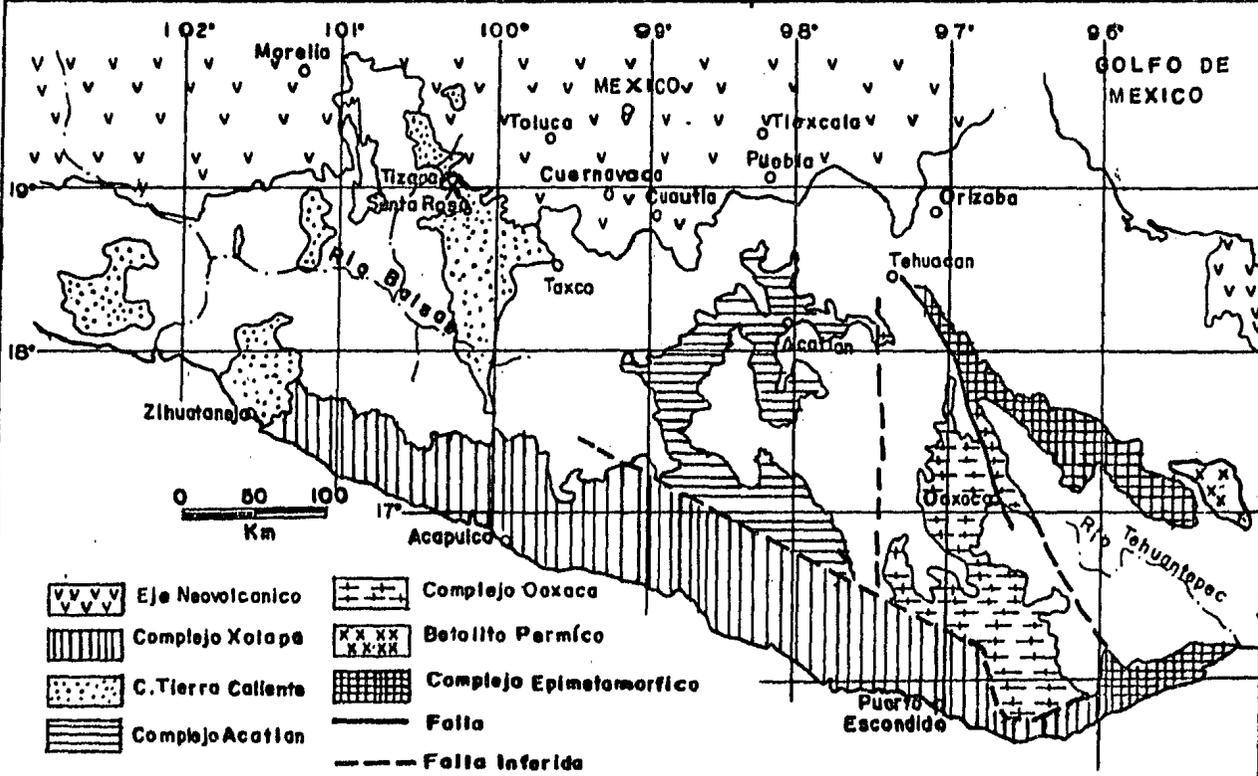
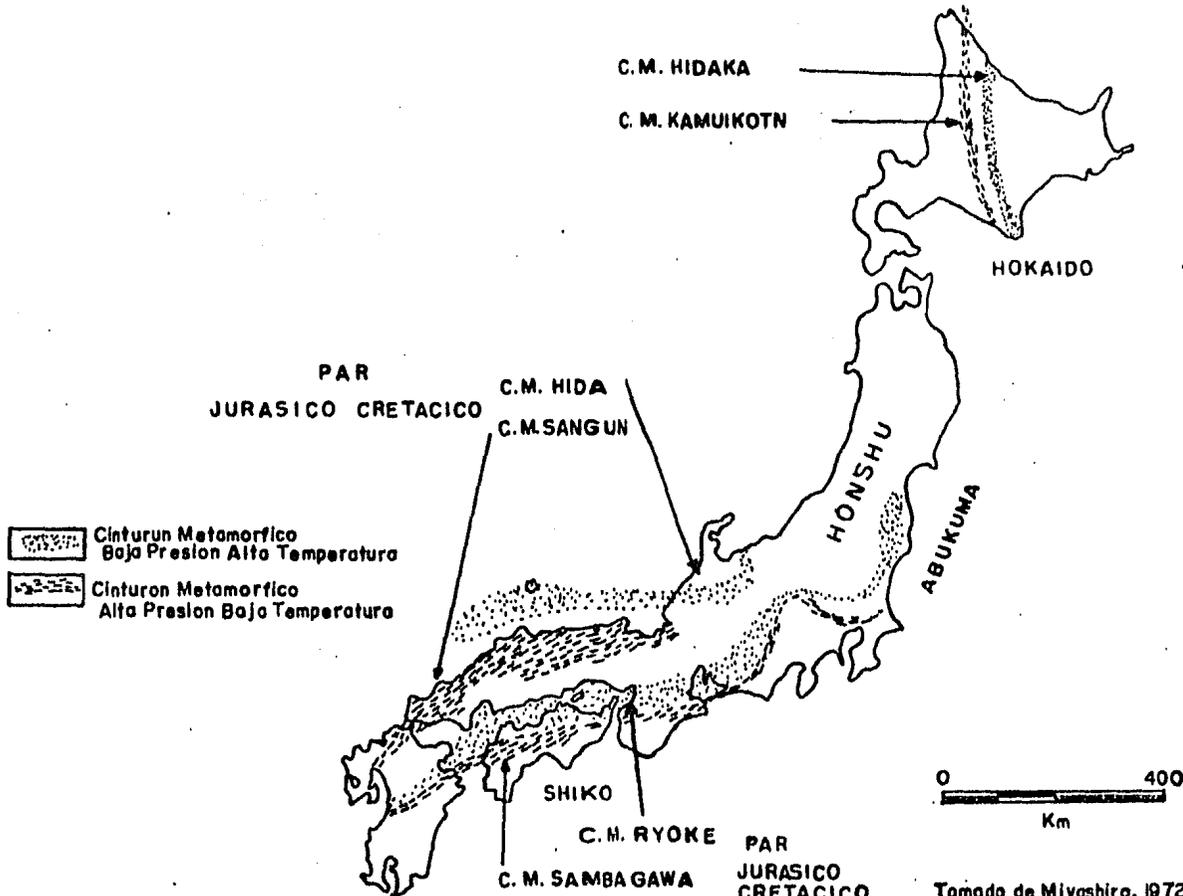


Fig.34 CINTURONES ACOPLADOS

Tomado de Ortega G. 82

presión. Los cinturones metamórficos acoplados han sido correlacionados con el infracorrimiento a lo largo de un plano de Benioff de una corteza oceánica bajo un sistema de arcos insulares o un margen continental. El cinturón de alta presión (baja temperatura) ha sido interpretado como el equivalente de la zona de fosa oceánica donde se localizan valores muy bajos del flujo térmico, mientras que el cinturón de baja presión es equiparable a la zona de volcanismo de arco insular con altos flujos térmicos.

Ortega G.(81), propone al Complejo Metamórfico de Tierra Caliente y al Complejo Xolapa (fig. 35) como del tipo de cinturones metamórficos acoplados, que se desarrollaron en respuesta a la subducción del océano Pacífico bajo el continente Americano principalmente durante la fase mesozoica del régimen tectónico cordillerano.

Por lo anterior la secuencia volcanosedimentaria metamorfoseada de Tierra Caliente, corresponde a un arco volcánico asociado a mar marginal (zona interna) que se depositó entre dos plataformas una al occidente (Huetamo-Cd. Altamirano) (zona transicional) y otra bien desarrollada al este (Guerrero-Morelos) (Campa 78).

Las rocas más antiguas de la región (augengneis), se consideran de origen ígneo como un ortoaugengneis granodiorítico (Parga 81) - emplazado antes del metamorfismo, respecto al plutonismo en el arco magmático mesozoico que intrusionó el basamento Precámbrico, así como a la cubierta Paleozoica en la Cordillera Meridional, se considera que los emplazamientos ocurrieron durante el Jurásico - (190-150 m.a.) (Crowder, et al. 73).

Posteriormente al emplazamiento de las rocas que originaron el augengneis, se depositaron las arenas cuarzofeldespáticas, tal vez producto del protolito del actual augengneis, que formaron al esquisto cuarzofeldespático (Eqm). El depósito continuó intermitentemente con sedimentos pelíticos y tobas de composición variable-

principalmente ácida-intermedia en una cuenca con condiciones reductoras y circulación restringida como lo evidencia la presencia de pirita fina diseminada y materia carbonosa, constituye un ambiente geológico adecuado para la formación de sulfuros masivos (Hutchinson 73; Sillitoe 73). Las rocas resultantes (filitas y esquistos) de este tipo de depósito alojan los sulfuros masivos hasta ahora conocidos (yacimientos de Tizapa y Santa Rosa), posteriormente se depositaron lodos calcáreos, tobas híbridas básicas, sedimentos arenosos y en menor cantidad sedimentos pelíticos para formar las calizas y areniscas de las unidades litológicas metacalizas (Mcz) y Formación Amatepec (Kia); del Cretácico Inferior.

En el Cretácico Superior se vuelve a tener principalmente actividad ígnea submarina de composición andesítica, como lo demuestra el contacto alternante con los sedimentos calcáreos a los que sobreyace (Kia) y las estructuras en forma de pillow-lava que se observan en estas rocas (Rv). Al cese de la actividad ígnea se depositan principalmente lodos calcáreos y sedimentos arcillosos, ocasionalmente se observan andesitas en este miembro (Ksxs). A finales del Cretácico Superior se tiene de nuevo actividad ígnea submarina, ahora de composición andesítico-basáltica (Ksm) y hacia la cima de esta formación se depositan lutitas, limolitas y calizas que marcan el inicio de las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramida, terminando con estos depósitos la sedimentación marina y emergiendo el continente y la formación de los primeros depósitos continentales del Terciario (Eoceno-Oligoceno) con las rocas del Grupo Balsas que constituyen un depósito de tipo molasse continental.

A partir del Oligoceno Medio empieza la actividad ígnea intrusiva (granitos y adamellitas) primero y posteriormente la extrusiva (riolitas y andesitas) del Oligoceno-Mioceno. En esta época ocurre el fracturamiento tensional que controla el emplazamiento de

vetas y diques ácidos de la "faja mineralizada", marcando el inicio de la etapa distensiva (Mioceno Medio, 15 m.a., Dickinson 82) - que sigue activa hasta nuestros días. Es común que durante esta etapa distensiva se emplacen vetas y mineralización dado los esfuerzos de tensión a que son sometidas las rocas, las fracturas y planos de crucero proporcionan las vías de circulación de los fluidos mineralizantes.

En el Plioceno-Pleistoceno se depositaron sedimentos epiclásticos, conglomerados, arenas poco consolidadas con tobas interestratificadas (Formación Cuernavaca o Chontoalpan en Ixtapan de la Sal, Campa 79).

Al continuar la tectónica distensiva de edad Plio-Cuaternaria, ésta se manifiesta por el volcanismo basáltico-andesítico que produjo el Eje Neovolcánico.

CAPITULO IV GEOLOGIA DE LAS AREAS SANTA ROSA Y LA GUITARRA.

Area Santa Rosa.

La geología de los fundos del Yacimiento de Santa Rosa(E9245 y E5489) se restringe a esquistos verdes(Ev11), filitas grafíticas y calcáreas(Fgc), metacalizas(Mcz), calizas y areniscas metamorfoseadas(Kia), lavas andesíticas(Rv), diques y sills de composición andesítica(Kand) y básica(Dba).

Los esquistos verdes El Llano que en forma alternante sobreyacen a filitas grafíticas y sericíticas(Fgs) y subyacen a filitas grafíticas y calcáreas(Fgc), se presentan en cuerpos lenticulares entre las filitas, hacia el NW y SE siguiendo el rumbo de la foliación se acuñan entre las dos unidades filíticas ya mencionadas. Estas rocas esquistosas que presentan doble foliación se orientan en forma irregular pero en general con rumbo NW30°-30°S.

Las filitas grafíticas y calcáreas(Fgc), se encuentran fuertemente plegadas formando numerosos micropliegues, presentan microscópicamente doble foliación(fig. 15). Las filitas sobreyacen en forma alternante a esquistos verdes(Ev11) y subyacen en forma similar a metacalizas(Mcz). En esta unidad se observan los cuerpos lenticulares de sulfuros masivos de unos centímetros hasta 4 m de espesor cerca del contacto con las metacalizas, hacia la base de las filitas solo se observan sulfuros de fierro diseminados. En general la foliación es de un rumbo NW30° con intensidad general de 28° al SW.

Las metacalizas a pesar de ser rocas muy compactas se encuentran fuertemente plegadas formando numerosos micropliegues isoclinales en chevron, en esta localidad su espesor varía de 50 a 100m, le sobreyacen en forma concordante calizas y areniscas metamorfoseadas(Kia). A pesar del plegamiento de esta unidad, el echado-

del paquete de metacalizas(Mcz) es de aproximadamente 28° al SW y rumbo de $NW30^{\circ}$.

Las calizas y areniscas metamorfoseadas de la Formación Amatepec(Kia), subyacen en forma alternante a lavas andesíticas(Rv), - se encuentran fuertemente plegadas mostrando numerosos micropliegues, presentan fracturamiento y pequeñas fallas por rompimiento ocasionado por el plegamiento. El espesor máximo observable en esta localidad es de 350 m.

El miembro inferior de la Formación Xochipala(Rv) subyace en forma concordante al miembro superior(Ksxs) y sobreyace en forma alternante a calizas y areniscas(Kia), las rocas andesíticas de este miembro presentan estructura almohadillada(pillow-lava) en general son rocas muy compactas. El rumbo y echado del paquete de lavas de origen submarino es de $NW25^{\circ}-30^{\circ}SE$.

El miembro superior de la Formación Xochipala(Ksxs) que consiste de calizas negras con intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas a las que se les observa foliación incipiente(fig. 24), sobreyacen concordantemente al miembro inferior ígneo(Rv) y subyace en forma concordante a andesitas basálticas con estructura en almohadilla. Esta alternancia de calizas y rocas arcillosas presentan fuerte plegamiento formando numerosos micropliegues.

Los diques y sills andesíticos(Kand), se encuentran en o cerca de los sulfuros masivos en las filitas calcáreas(Fgc) concordantes con la foliación, también se han detectado por los diferentes barrenos con diamante en metacalizas(Mcz) y en calizas y areniscas(Kia), principalmente en forma concordante con la foliación. Los cuerpos intrusivos cuyo espesor varía de 0.5 a 3m y ocasionalmente de 10m, se relacionan solo espacialmente con los sulfuros masivos y no genéticamente.

Los diques básicos(Dba) se han observado principalmente en metacalizas(Mcz) y en las rocas de la Formación Amatepec(Kia), cor-

tando o en forma paralela a la foliación, tienen espesores variables de 0.5 a 15 m.

Area La Guitarra.

La geología de los diferentes fondos del yacimiento La Guitarra se restringe a filitas grafiticas(Ft), brechas tectónicas (Brt), andesitas(Tand), granitos(Gr), microgranitos(Mgr) y porfidos riolíticos(Pr).

Las filitas grafiticas(Ft) en esta localidad presentan espesores reducidos(menores a 100 m) y su continuidad lateral es muy restringida ya que solo se observa como una película irregular en contacto con el granito, le cubren en forma discordante brechas tectónicas(Brt). Se observan también cuerpos irregulares en varios socavones como El Perdon, Las Animas y el "250", en este último la obra empieza en brechas tectónicas, como a 40 m se observa granito y a cerca de 80 m se observan cuerpos de filitas en las que sus dimensiones verticales son mucho más grandes que las horizontales(comportandose como diques), debido al desplazamiento ocasionado por la intrusión granítica. La compacidad de las filitas grafiticas es muy variable debido a los efectos del intemperismo y a la silicificación ocasionada por las intrusiones graníticas y riolíticas y por el emplazamiento de las vetas de cuarzo con las que ocasionalmente se encuentran en contacto.

Las brechas tectónicas(Brt) que cubren discordantemente a las filitas, alcanzan espesores alrededor de 150m(aparentemente su espesor es de más de 300m, pero no se considera así, ya que están desplazadas por la intrusión granítica). También se observan cuerpos irregulares de esta unidad, la mayoría de los cuales no son cartografiables. Hacia el NW de esta localidad se alojan en estas brechas las vetas de cuarzo(La Guitarra-Jesús Nazareno) con espe-

sores de 0.5 a 2m, la compacidad de las brechas es variable de poco compactas a muy compactas debido a la silicificación causada por las intrusiones ácidas y los emplazamientos de las vetas.

Las andesitas(Tand) solo se observan entre las minas San Rafael y Amelia II, principalmente en el interior de estas obras mineras, son cuerpos irregulares en las que sus dimensiones verticales(60m) son mayores que las horizontales(no se observan claramente en afloramientos ni en el interior de las obras mineras). Estas rocas del Terciario(Eoceno) se encuentran en contacto con el granito y solo en una pequeña porción(20m) alojan a la veta La Guitarra; se encuentran intensamente alteradas y probablemente se emplazaron antes de la intrusión granítica.

El granito(Gr) es la roca predominante en el Yacimiento La Guitarra, su compacidad es muy variable desde muy compactas hasta el grado de ser desleznables con facilidad, dependiendo de la acción de las alteraciones hidrotermales como de la acción de aguas meteóricas. En esta unidad se encuentran alojadas las vetas de cuarzo con mineralización importante, acompañadas de diques micrograníticos y ocasionalmente riolíticos. En los granitos se observa un juego de diaclasas que en varias localidades forma escalonamiento (fig. 28) y ocasionalmente escarpes.

Los diques micrograníticos(Mgr) se encuentran intrusionando al granito y se asocian a las vetas de cuarzo al SE del yacimiento.- El espesor de los diques varía de menos de un metro a 30 m, en general se orientan en una dirección $NW40^{\circ}-60^{\circ}SE$ con buzamiento al SW, en general son rocas muy compactas y sus afloramientos se restringen a la porción centro-sureste de la veta La Guitarra.

El pórfido riolítico(Pr) aflora principalmente en la porción centro-noroeste de la veta La Guitarra, en general son rocas muy compactas. Estos diques de composición riolítica se orientan al $NW40^{\circ}-60^{\circ}$ y buzamiento hacia el sur, con espesores que varían de-

1 a 25m, se encuentran intrusionando a las rocas graníticas, a -- las brechas y a las filitas, también se observan asociados a las- vetas de cuarzo, en ocasiones estos aparentemente se convierten - en crestones de cuarzo por silicificación.

CAPITULO V YACIMIENTO MINERAL TIZAPA-SANTA ROSA.

Morfología.

Los cuerpos de sulfuros masivos observables en esta región son lenticulares concordantes con la foliación, el espesor es variable se han detectado desde delgados hilos de unos centímetros hasta cuerpos de 11 m, su extensión es variable y en ocasiones alcanza algunas centenas de metros. Los cuerpos lenticulares se encuentran encajonados en las filitas gráficas y calcáreas(Fgc) cercano al contacto con las metacalizas(Mcz) en el Yacimiento Santa Rosa y en el Yacimiento de Tizapa se encuentran alojados en filitas gráficas(Ft) y esquistos de moscovita-clorita(Ec).

En general el espesor de los lentes de sulfuros masivos es de 2.5m y longitudinalmente alcanzan algunas centenas de metros, además de estos cuerpos se observan sulfuros disseminados en las filitas y esquistos.

En Almoloya de las Granadas se han encontrado cuerpos lenticulares que varían en espesor de unos centímetros hasta casi un metro(mina El Río) encajonados en filitas gráficas(Ft) y esquistos de tremolita-actinolita(Ebta).

Mineralogía.

La mineralogía del yacimiento consiste principalmente de sulfuros de fierro, plomo, zinc y cobre de textura de grano fino.

Los sulfuros de fierro son los más abundantes y constituyen cerca del 70% en volumen de los sulfuros, la pirita y pirrotita se presentan en tamaño variable de 0.005 a 3mm, la pirita es prácticamente el único mineral que se presenta en cristales euhedrales, la pirrotita se observa en ocasiones en reemplazamiento con-

calcopirita.

La blenda se observa en cristales anhedrales o formando texturas de exsolución con calcopirita y aparente intercrecimiento con pirita(fig. 36).

La calcopirita se observa en forma de reemplazamiento en pirrotita y en exsolución con blenda.

La galena es de los minerales menos abundantes y se observa en aparente intercrecimiento con cobre gris(fig. 36).

El cobre gris(tetraedrita-tenantita) se observa como intercrecimiento con calcopirita(fig. 35) y en general se observa principalmente en la parte centro-superior de los lentes de sulfuros.

También se reconoce covelita, bornita y argentita en pequeñas cantidades en la galena(Colorado Lievano, 79).

La ganga consiste principalmente de cuarzo y minerales arcillosos.

Además en el Yacimiento Tizapa se han detectado valores altos en cadmio, de 800 a 1300 gr/t en los B.D.D. 50, 46, 44, etc.

Alteraciones.

Aparentemente no se observan alteraciones en los sulfuros masivos o en las rocas encajonantes, salvo la oxidación, sin embargo Colorado Lievano(79) reconoce cloritización y silicificación en forma de pequeños lentes de cuarzo criptocristalino entre los minerales.

En Tizapa se han reconocido silicificación, cloritización; sericitización y caolinización(?)(Parga, 80 y 81).

Hipótesis Genética.

Por la litología de las rocas encajonantes(filitas grafíticas)

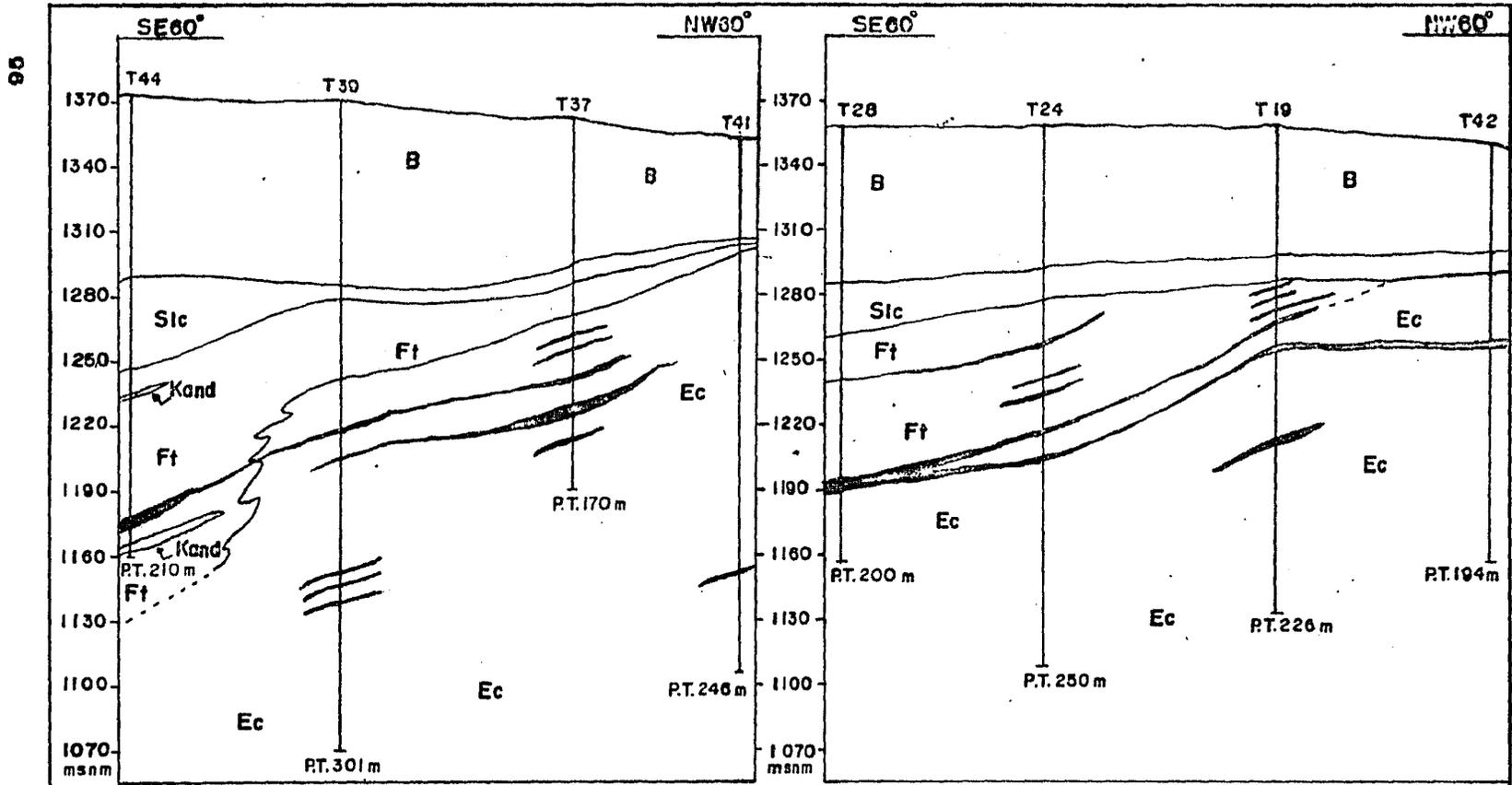
es evidente que los sulfuros se depositaron en un ambiente geológico marino en una cuenca bajo condiciones reductoras con circulación restringida asociada al volcanismo intermedio que dió origen a los esquistos verdes (E_c y E_{vll}). Tanto en el Yacimiento de Tizapa como en el de Santa Rosa los sulfuros masivos se encuentran asociados a sedimentos pelíticos (filitas) como a tobas (esquistos), por lo que estos yacimientos pueden clasificarse como volcanogénicos sinsedimentarios. Las características del Yacimiento Tizapa--Santa Rosa son:

- 1) Cuerpos lenticulares concordantes con la foliación regional, - que en general es paralela con la estratificación.
- 2) Ambiente de depósito reductor con circulación restringida.
- 3) Relación estrecha de sedimentos pelíticos (filitas gráficas) - y rocas de origen volcánico (esquistos).
- 4) Plegamiento que se observa en algunos lentes de sulfuros masivos (principalmente en hilillos).
- 5) Rasgos texturales en los sulfuros que sugieren recristalización (en piritas).
- 6) La textura fina y estructura bandeada de los minerales, en color gris oscuro esfalerita y en amarillo pirita y calcopirita.

Potencial.

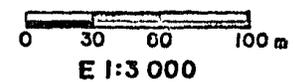
El Yacimiento de Tizapa hasta la fecha es el más importante de la región y el tonelaje calculado por muestreo en los socavones y en los diferentes barrenos con diamante es de 2,500,000t. La ley es de Au 2gr/t - Ag 245gr/t - Pb 2.2% - Zn 7.5% - Cu 0.60% y C 500gr/t (Rodriguez, 82 y Romo 82).

En el Yacimiento de Santa Rosa el tonelaje aproximado es de - 300,000t, con leyes de Au 1.41gr/t - Ag 281gr/t - Pb 1.34% - Zn 4.21% Cu 0.13% y Fe 11.71% (Lopez Medel, 83).



EXPLICACION

-  SULFUROS MASIVOS
-  **Kand** ANESITAS CRETASICAS
-  CONTACTO GEOLOGICO
-  **B** BASALTOS
-  **Ec** ESQUISTOS CAMPANARIO
-  CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO
-  **S1c** SEDIMENTOS LACUSTRES Y CONGLOMERADOS
-  **Ft** FILITAS TEMASCALTEPEC
-  **T44** BARRENO DE DIAMANTE



SECCIONES ESTRUCTURALES EN BASE A BARRENOS CON DIAMANTE AL NORTE DE LA MINA TIZAPA (MESA TIZAPA)

TOMADO DE ROMO 82 MODIFICADO

MONTERO URRUSQUIETA R. 1985

Fig. 35

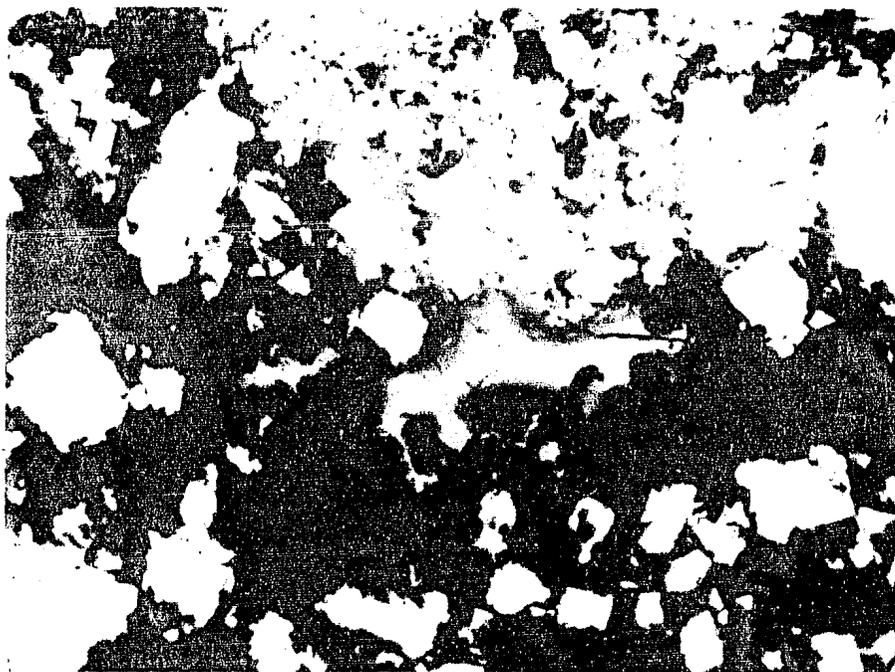


Fig. 36 Fotomicrografía en la que se observa en la parte inf. blenda (oscuro) en exsolución - con calcopirita, en la parte sup. cobre - gris (pardo) en intercrecimiento con calcopirita, al centro pirrotita. Luz reflejada x63 (Yacimiento Santa Rosa).

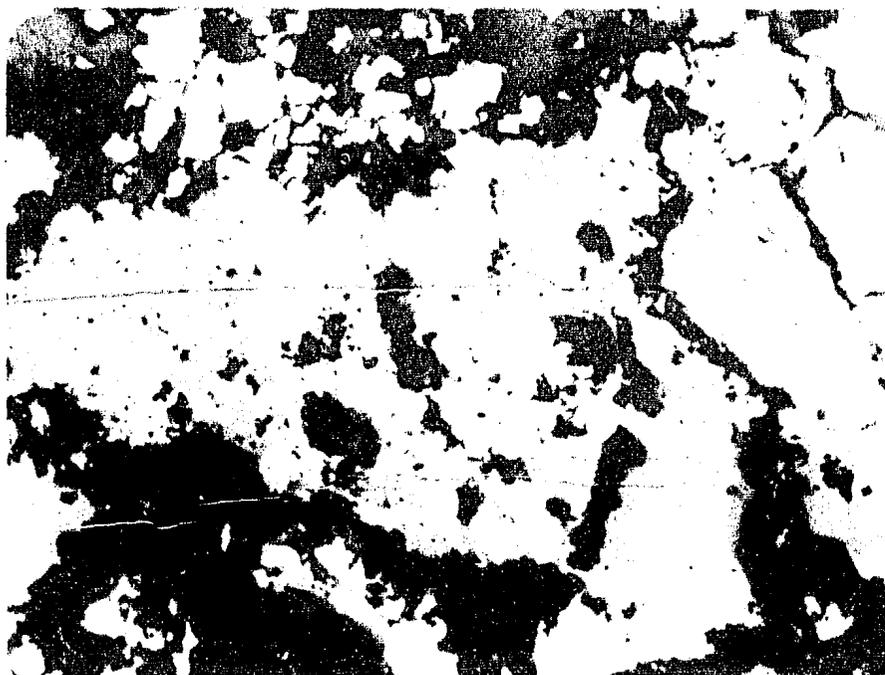


Fig. 37 Fotomicrografía en la que se observa gale- na (blanco) en intercrecimiento con cobre - gris lo más oscuro es la ganga. Luz refle- jada x63 (Yacimiento Santa Rosa).

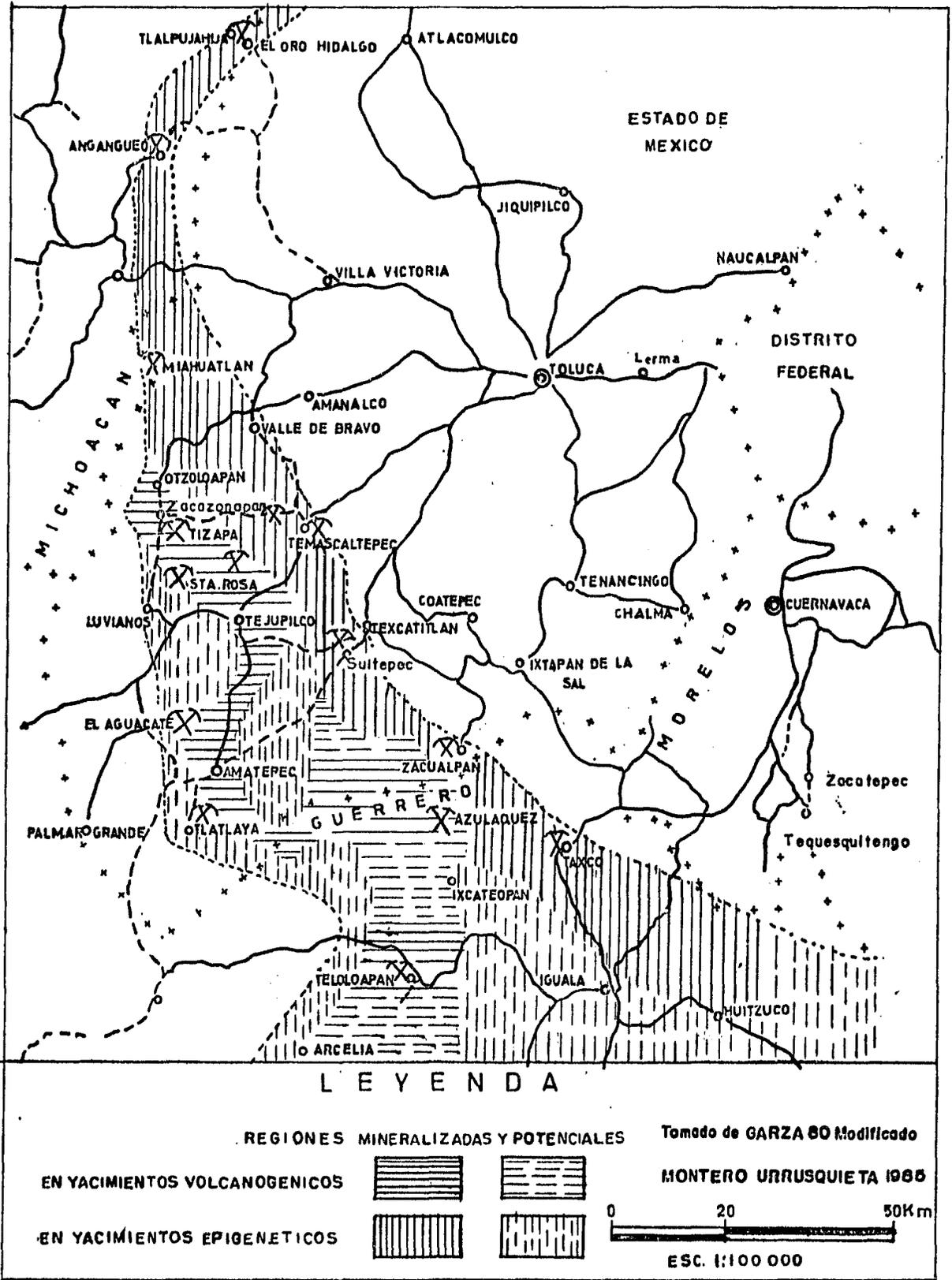


Fig. 39 FAJA MINERALIZADA

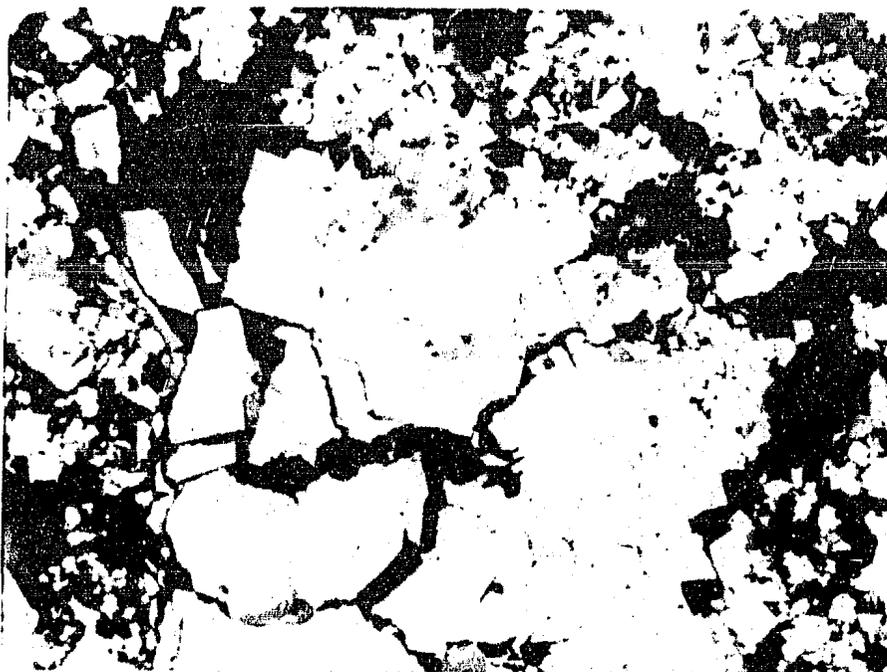


Fig. 39 Fotomicrografía en la que se observa principalmente (al centro) pirita con algo de pirrotita y en los extremos blenda. Luz reflejada x63 (Yacimiento Santa Rosa).

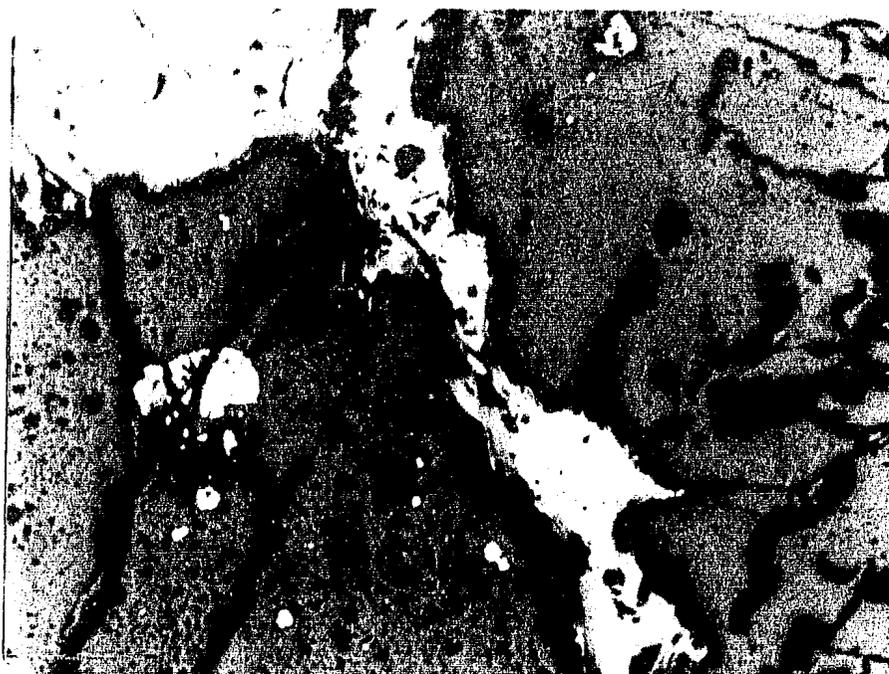


Fig. 40 Fotomicrografía en la que se aprecia a la pirargirita (blanco) relleno de fracturas - en el cuarzo (oscuro), las pequeñas manchas blancas en el cuarzo es pirita. Luz reflejada x63 (Yacimiento La Guitarra).

CAPITULO VI YACIMIENTO LA GUITARRA.

Morfología.

Las estructuras en el Yacimiento La Guitarra consisten de vetas de cuarzo con espesores variables de 0.5 a 15m, cuando se intersectan vetas. En general el espesor es de 8m, longitudinalmente afloran cerca de 5km y se orientan al NW40°-80° con buzamiento de 60°-90° al sur. La veta La Guitarra (la principal estructura) - al SE se ramalea en las vetas el Tajo, Central y Doncellas, al NW continua con el nombre de Jesús Nazareno.

A 650m al alto de la veta La Guitarra aflora la veta Concepción con rumbo NW50°-60° y buzamiento al sur de 80°-88°, el espesor varía de 1 a 3m en una extensión de 1,400 m. Más al SW aflora la veta Los Fresnos con espesor de 0.5 a 1.5m con extensión inferior a 700m, se encuentra orientada al NW75° e inclinación de 70° a 80° al sur. En todas estas estructuras se tienen obras antiguas importantes.

Los minerales se encuentran rellenando fracturas en las vetas y ocasionalmente en las rocas encajonantes (granitos y microgranitos) o en brechas de cuarzo, formando "clavos" y también "bolsas" en las drusas, en éstas se han observado concentraciones de minerales en forma de "cuña" de más de 7cm de largo por 3cm de espesor.

Los clavos de mineral probablemente alcancen más de 400 m en sus dimensiones verticales, como lo muestra la mineralización importante detectada a una altura de 2310m s.n.m. en los contrapozos del socavón La Cruz y la detectada por el B.D.D.No. 11 a una cota sobre el nivel del mar de 1930m con leyes de 3.45gr/t de Au y 697gr/t de Ag en un espesor de 4m de veta. Las dimensiones horizontales de los clavos, longitudinalmente a las vetas en general-

es de 30 a 300m .

Mineralogía.

La mineralogía consiste principalmente de sulfoantimoniuros y sulfoarseniuros de plata, acompañados de sulfuros de plomo, zinc-fierro, antimonio, cobre y mercurio.

La pirargirita es probablemente el mineral de mena más abundante en este yacimiento, se presenta relleno de fracturas en el cuarzo (fig. 40), formando hilillos finos de 1mm o menos de espesor, en ocasiones estos hilos llegan a tener 6mm. En algunas drusas de cuarzo amatista se han observado cuerpos delgados en forma de "cuña" de mineral de 3cm de espesor por 7cm de largo de pirargirita con poca galena, esfalerita y bornita (estudio efectuado en la Comisión de fomento minero, por Ing. A. Victoria M., sobre las platas rojas acerca de la relación As/Sb, en la que no se detectó arsénico (As)), formando parte de las bolsadas.

En los estudios minerográficos efectuados, solo se reconocen - proustita-pirargirita, acompañados de poca galena, blenda, bornita, pirita y marcasita en una ganga de cuarzo como se puede observar en las figuras 40, 41 y 42. Otros minerales se reconocieron en muestras de mano como estibinita, calcopirita, marcasita, jame sonita, etc., así como los minerales secundarios (pirolusita, melanterita y óxidos de fierro). Los demás minerales que se mencionan fueron reconocidos por Gonzalez Partida (82) con estudios de microsonda.

Se reconocen tres fases de mineralización; la primera la fase precoz, de argentita, pirargirita, proustita, pearcita, polibasita, arsenopirita, galena, pirita y esfalerita en exsolución con calcopirita.

La fase intermedia de arsenopirita, esfalerita (desprovista de-

exsolución) y marcasita.

La fase tardía de estibinita, cinabrio, marcasita, piritita, calcopirita, covelita y ocasionalmente jamesonita.

La galena contiene finas vesículas de polibasita y pearcita, - la argentita se encuentra en pequeños granos diseminados en la - ganga de cuarzo(fig. 45) en la esfalerita se observan granos de - calcopirita. La proustita se observa en los bordes de los cristales de piritita(fig. 43).

La bornita se encuentra en la covelita, asociados a la calcopirita(fig. 44).

En la figura 47, se observa a la marcasita reemplazando a la - galena, en esta sección no se observan inclusiones de calcopirita en la blenda.

El cinabrio se presenta en granos diseminados dentro del cuarzo, así como en inclusiones en la estibinita(fig. 46). La marcasita y la estibinita se encuentran principalmente rellenando drusas, la estibinita en su hábito característico radial y la marcasita en forma botroidal.

Alteraciones.

Las alteraciones hidrotermales observables en el yacimiento - son; silicificación, piritización, caolinización, sericitización, cloritización y propilitización.

La silicificación es la alteración más importante por su caracter económico y se observa principalmente en la vecindad a las vetas de cuarzo en las rocas encajonantes(microgranitos y granitos) y en los diques riolíticos que debido a esta alteración se convierten en crestones de cuarzo. Otras alteraciones de este tipo han ocurrido en diferentes etapas asociadas a los emplazamientos de - rocas ácidas en las rocas preexistentes(brechas tectónicas, fili-

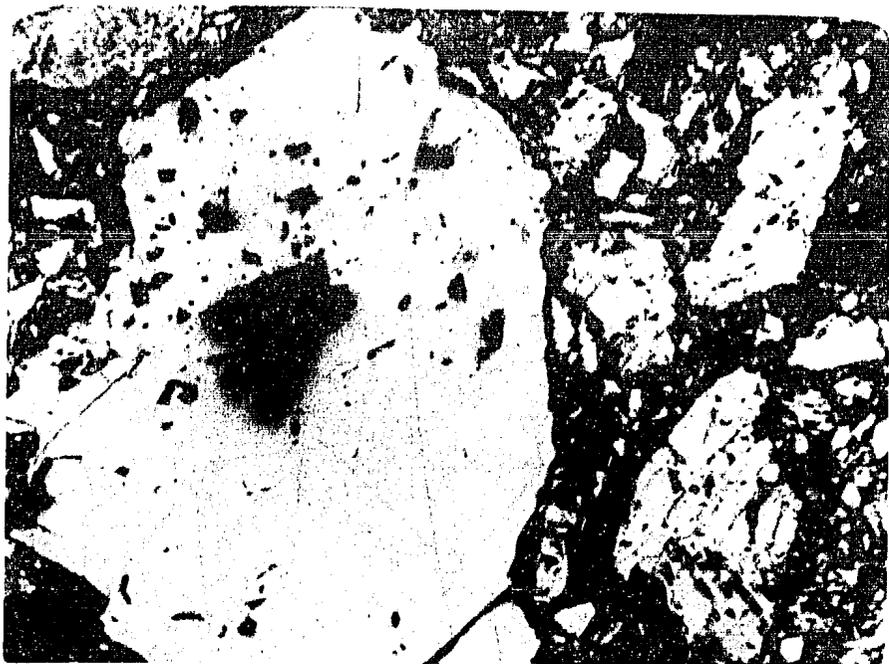


Fig. 41 Fotomicrografía en la que se observa en color claro pirargirita-proustita y en color oscuro cuarzo. A la izquierda se observa galena con inclusiones. Luz reflejada x63- (Yacimiento La Guitarra).

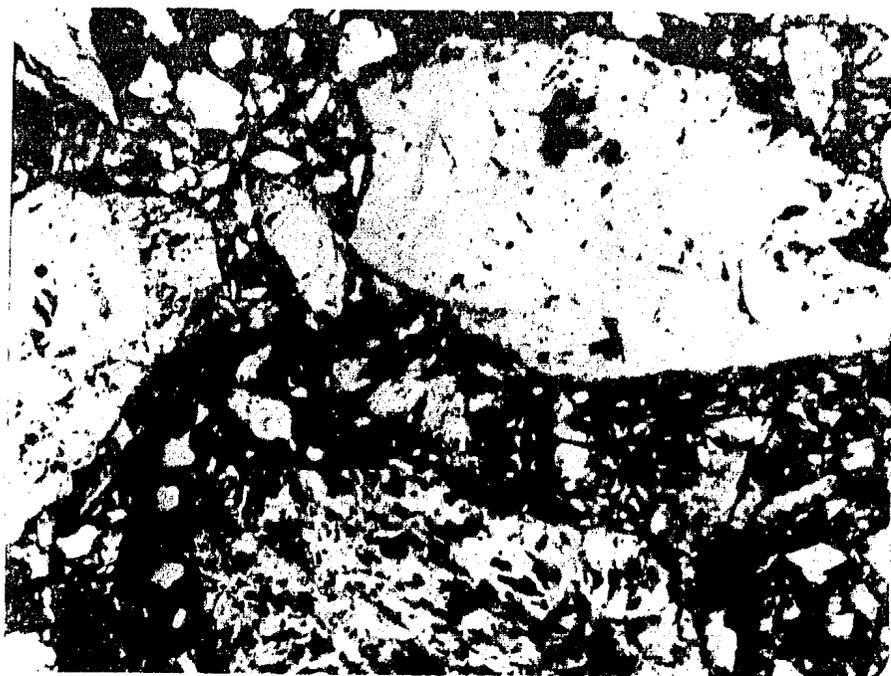


Fig. 42 Fotomicrografía en la que se observa en la parte sup. galena con inclusiones. A la izquierda en tono claro pirargirita-proustita. Luz reflejada x63(Yac. La Guitarra).

tas, etc.). Esta alteración es muy local y se restringe a unos metros.

La piritización se observa principalmente en el granito y ocasionalmente en los diques, asociada probablemente a la sericitización y caolinización.

La caolinización y sericitización, se encuentran ampliamente distribuidas afectando principalmente al granito y al microgranito y en menor proporción a los diques riolíticos. Debido a que este tipo de alteraciones se originan por procesos hidrotermales y por la acción del intemperismo, son las que están más ampliamente distribuidas en este yacimiento.

La cloritización no es muy clara pero se observa principalmente en el microgranito y las andesitas.

La propilitización que se define por la asociación: clorita, -pirita, epidota y calcita, se restringe a las andesitas (Tand) observables entre y en las minas San Rafael y Amelia II, tal vez el granito que se observa en la mina Amelia II que presenta piritización, pudo ser afectado por este tipo de alteración.

La oxidación está representada por hematita, limonita, melanterita y pirolusita que se observa en las diferentes rocas del yacimiento.

Hipótesis Genética.

El Yacimiento La Guitarra por la presencia de minerales de plata como pirargirita, proustita, argentita, polibasita y pearcita, se clasifica como hidrotermal de la etapa epitermal (50^o-200^oC) de filones de fisura y raramente de filones de reemplazamiento. También se observan en este yacimiento otros minerales característicos de esta etapa como el cinabrio, estibinita y marcasita.

Al menos se reconocen dos generaciones de cuarzo, la primera -

la del emplazamiento de la veta (relleno de fisura), los movimientos a lo largo de las vetas causaron el brechamiento del cuarzo - primitivo y fracturamiento, permitiendo la entrada de la segunda generación de cuarzo y las soluciones mineralizantes como lo demuestra la disposición de los minerales (fig. 40) y la presencia de hilillos de cuarzo de 2cm, de los cuales 6mm son de minerales de plata alojados en granito y la mineralización observable en las brechas de cuarzo.

Mineral	Fase Precoz	Fase Intermedia	Fase Tardía
Pirargirita	-----	- - - -	
Proustita	-----	- - -	
Argentita	-----	- - -	
Polibasita	-----	- - - -	
Pearcita	-----	- - - -	
Arsenopirita	-----	- - - -	
Galena	-----	-----	- -
Esfalerita	-----	-----	- -
Calcopirita	- - - -	- - - -	- - - -
Bornita	- - - -	- - - -	
Covelita	- - - -	- - - -	
Estibinita			- - -----
Cinabrio			- - -----
Marcasita			- - - -----
Pirita	- - - -	- - - -	- - - - - - - -
Jamesonita		- - - -	- - - - - - - -
Cuarzo	- - - -	- - - -	- - - - - - - -

-----Representativo ; - - - -Menos Representativo o Posterior

Sucesión Paragenética del Yacimiento La Guitarra.

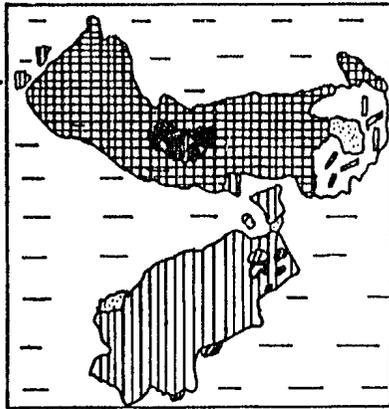


Fig. 43

-  Proustita
-  Galena con vesículas de Polibasita y Pearceita
-  Blenda con inclusiones de Calcopirita
-  Bornita
-  Arsenopirita
-  Calcopirita
-  Covellita
-  Pirita
-  Cuarzo

x50

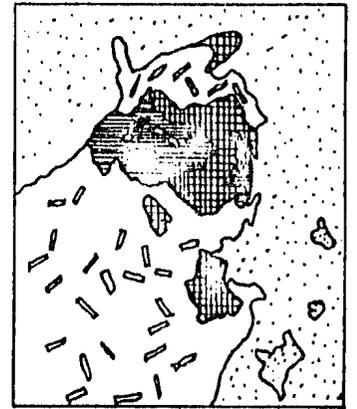


Fig. 44

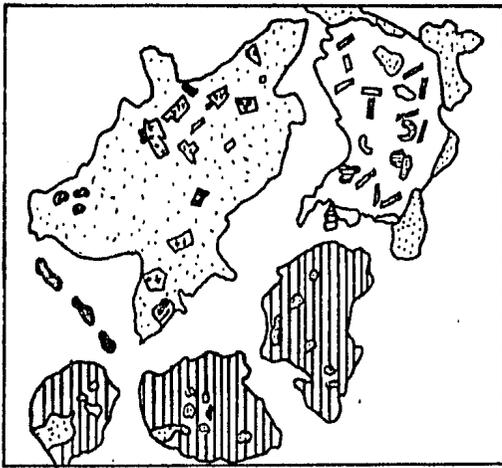


Fig. 45

-  Argentita
-  Arsenopirita
-  Galena con vesículas de Pearceita y Polibasita
-  Proustita
-  Blenda con inclusiones de Calcopirita
-  Calcopirita
-  Pirita
-  Covellita
-  Cuarzo

x30

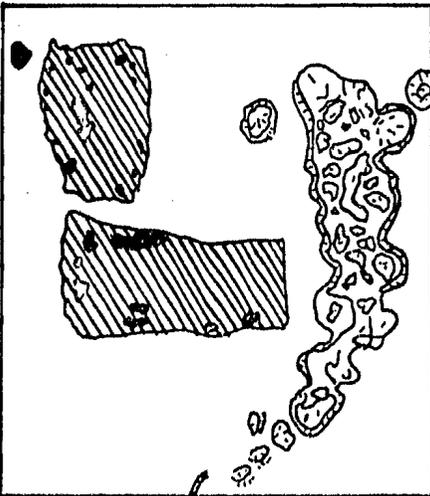


Fig. 46

-  Blenda
-  Pirita
-  Marcosita
-  Galena
-  Estibino
-  Cinabrio
-  Cuarzo
-  Vesículas Pseudomorfas

x30

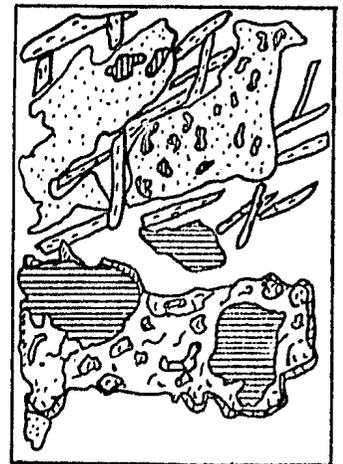


Fig. 47

Tomado de Gonzalez P.(82)

Potencial.

Para la estimación del potencial del yacimiento (noviembre de 1984) se tomaron anchos y valores reales de muestreo en las diferentes obras mineras (socavones, pozos y contrapozos), así como en los diferentes barrenos con diamante efectuados en el yacimiento,

Las reservas son de 434,880 toneladas con 2.2 m de ancho y ley de Au 2.23gr/t - Ag 268gr/t (Lopez Medel, 84).

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La secuencia volcanosedimentaria de Tierra Caliente corresponde a un arco volcánico asociado a mar marginal, el protolito de esta secuencia en la base consistió de una roca plutónica de composición ácida, cubierta por sedimentos arenosos que pasan gradualmente a sedimentos pelíticos carbonosos; en la parte media predominan los sedimentos pelíticos carbonosos con intercalaciones de tobas de composición principalmente intermedia, sedimentos arenosos, tobas de composición ácida y sedimentos pelíticos; hacia la cima predominan los sedimentos calcáreos con sedimentos arenosos y arcillosos e intervalos de rocas volcánicas submarinas, el espesor aproximado de esta secuencia es de 3,500 m.

Las rocas ígneas están representadas por un tronco de composición ácida con variaciones en la composición a dioritas; diques aplíticos, microgranitos y riolíticos; rocas volcánicas de composición riolítica y derrames de rocas andesítico-basálticas.

En las rocas de la secuencia volcanosedimentaria y las rocas continentales del Terciario-Reciente se han reconocido 5 fases de formativas 4 compresionales y una distensiva, de las cuales solo las dos primeras están acompañadas de metamorfismo. La primera de formación se caracteriza por una foliación de plano axial S_1 asociada a plegamiento isoclinal. La segunda fase la cual plegó a la foliación S_1 en pliegues angulares asimétricos y forma un crucero plisante S_2 . La tercera fase está definida por un plegamiento regional, el cual formó el anticlinal cuyo eje se orienta al $NW60^\circ$ y afectó a toda la secuencia volcanosedimentaria, principalmente en el flanco suroccidental. La cuarta fase compresiva está representada por un arqueamiento regional del eje de las estructuras de gran radio de curvatura que se orienta a groso modo NW-SE y -- por la posición anormalmente elevadas de las rocas del Grupo Bal-

sas y las rocas riolíticas. La quinta fase deformante, la distensiva se caracteriza por fallamiento normal y fracturamiento.

El metamorfismo que afectó a la secuencia fué de grado medio a grado muy bajo; de la parte baja de las facies de anfibolita en el Augengneis y facies de esquisto verde en esquistos, filitas y metacalizas; a anquimetamorfismo en las rocas de la Formación Xochipala(Rv y Ksxs) y de la Formación Malpaso(Ksm).

La edad de la secuencia es muy probablemente Jurásico-Cretácico, ya que no se observa discordancia entre las rocas de la Formación Amatepec(Kia) y Metacalizas(Mcz), así como las condiciones de depósito de casi toda la secuencia en una cuenca bajo condiciones reductoras y circulación restringida.

El Yacimiento Tizapa-Santa Rosa, consiste de cuerpos lenticulares de sulfuros masivos bandeados, concordantes con la foliación de las rocas encajonantes, filitas grafíticas y esquistos de muscovita-clorita en Tizapa y filitas grafíticas y calcáreas en Santa Rosa, la mineralogía de este yacimiento es piritita, pirrotita, esfalerita, galena, cobre gris y en pequeñas cantidades covelita, bornita y argentita en una ganga de cuarzo y minerales arcillosos, este yacimiento se clasifica como volcanogénico sinsedimentario

El Yacimiento La Guitarra está constituido por vetas de cuarzo emplazadas principalmente en granito, los minerales se encuentran rellenando fracturas en el cuarzo, formando "clavos" y en ocasiones "bolsadas" en las drusas, estos clavos probablemente alcancen al menos 400 m en sus dimensiones verticales y de 30 a 300m longitudinalmente a las vetas. La mineralogía consiste de sulfoantimoniuros y sulfoarseniuros de plata acompañados de sulfuros de plomo, zinc, fierro, antimonio, cobre y mercurio. El yacimiento se clasifica como hidrotermal de la etapa epitermal de filones de fisura y raramente de reemplazamiento. Al menos se reconocen dos generaciones de cuarzo, de las cuales la segunda vino acompañada de

los fluidos mineralizantes.

En lo referente a la estratigrafía es conveniente seguir separando estas diferentes unidades litológicas en la forma en que -- fueron designadas en los trabajos de Parga(81) y Elías(81), las -- cuales fueron estudiadas en la misma forma en el presente trabajo

Existen dos unidades que se pueden tomar como guía para futu-- ros trabajos como son las Metafelsitas(Mf) y las andesitas de la-- Formación Xochipala(Rv); en las rocas a las cuales sobreyacen las Metafelsitas(Esquisto Campanario(Ec) y filitas Temascaltepec(Ft)) se encuentran alojados los sulfuros masivos del Yacimiento de Ti-- zapa y entre las metafelsitas y andesitas(Rv) se encuentran los -- sulfuros masivos del Yacimiento de Santa Rosa encajonados en fili-- tas gráficas y calcáreas(Fgc), por lo que es conveniente sepa-- rar las diferentes unidades litológicas para utilizarlas como guí-- as litológicas-estratigráficas en prospección de sulfuros masivos en la región de Tierra Caliente. Con otros estudios como geoquími-- ca de sedimentos de arroyo para obtener zonas anómalas y estudios de vapores de mercurio; en el área de Santa Rosa se efectuó un es-- tudio de vapores de mercurio(Lopez Medel, 84), analizando varias-- muestras de suelo de áreas cercanas a los barrenos con diamante, -- para comprobar la respuesta del método a datos ya conocidos acer-- ca de los sulfuros masivos obtenidos por los diferentes barrenos-- con diamante, los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

Al NE del área de estudio se observa mineralización en el con-- tacto entre el granito y pórfido riolíticos(mina San Antonio).

En la mina "250"(una de las obras antiguas mas importantes en-- el área) se observan pozos y contrapozos importantes desarrolla-- dos en rocas graníticas, por lo que es conveniente desaguar di--- chas obras.

En las obras antiguas que se observa mineralización como son -- San Antonio, Mina El Alamo, Mina de Plata y Los Timbres(de las --

cuales las dos primeras se encuentran obstruidas) es conveniente-efectuar estudios de más detalle; en los Timbres se observa pirrotita, piritita, galena y esfalerita en cuarzo; en la mina San Antonio solo se observan sulfuros de fierro; en el Alamo se observa -fuerte oxidación de fierro y cerca de la mina de Plata se obser--van unicamente hilos de cuarzo de origen hidrotermal, en esta á--rea se observan vestigios de hornos antiguos además de un tiro -obstruído.

En las obras antiguas que se localizan en el extremo NW de la-veta La Guitarra, no se observa mineralización importante, estas-obras se encuentran a una altura sobre el nivel del mar que varía de 2,150 a 2,500 m; la mineralización importante detectada a la -fecha es a una altura de 1,900 a 2,300m s.n.m., por lo que sería-conveniente estudiar a estas cotas las vetas localizadas en las -diferentes obras antiguas por medio de barrenación con diamante.-En el Yacimiento La Guitarra las rocas favorables para la minera-lización son el granito, microgranito y pórfidos riolíticos. Al -SW a 7km de este.yacimiento(cerca de Temascaltepec) las vetas es-tán emplazadas en andesitas del Terciario y en filitas grafiticas y pizarras, con la mineralización a una altura aproximada de 1700 a 2000 m, lo que daría más posibilidades para tener mineraliza---ción a mayor profundidad en el Yacimiento La Guitarra.

BIBLIOGRAFIA

- Campa M.F., Campos M., Flores R. y Oviedo R. 1974. La secuencia mesozoica volcano-sedimentaria metamorfoseada de Ixtapan de la Sal, Edo. de Mex.-Teloloapan Gro.: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 35 p. 7-28.
- Campa M.F., 1975. Las rocas metamórficas e ígneas del área Taxco-Teloloapan, Gro.: Tesis de Maestría Fac. de Ciencias UNAM.
- Campa M.F., Oviedo A. y Tardy M. 1976. La Cabalgadura Laramídica del dominio volcansedimentario (Arco Alisitos-Teloloapan) - sobre el miogeosinclinal mexicano en los límites de los Estados de Guerrero y México: Acapulco (Méx.), Cong. Latinoamericano. Geología, 3, Resúmenes, p. 23 resumen.
- Campa M.F. 1978. La evolución tectónica de Tierra Caliente, Gro.- Bol. Soc. Geol. Mexicana, Tomo XXXIX, No. 2, p. 52-64.
- Campa M.F., Ramirez J., 1979. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. U.A.G.
- Campa M.F., Flores R., Ramirez J. 1981. Conjuntos estratotectónicos de la Sierra Madre del sur. Compreendida entre los Estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos: Bol. Soc. Geol. Méx. Tomo XLII No. 1, p. 45-68.
- Cardenas S. y Martinez F. 1947. Los yacimientos argentíferos de - Temascaltepec, Edo. de Méx. Com. Directivo Invest. Recursos Min. Méx. Bol. 12, 28p.
- Carfantan J.C. 1983. Les ensembles géologiques du Mexique Meridional evolution géodynamique durant le Mesozoique et le Cenozoique. Geofisica Internacional, v. 22-1, 1983 p. 9-37.
- Colorado L.D. 1979. Etude d'une partie de la Ceinture Metamorphique (Mesozoique) du sud du Mexique (Etats de Mexico et Guerrero). Diplome de Docteur Ingenieur a L'Universite Pierre Et Marie Curie. Paris Francia.
- Cserna Z. De, Fries C. Jr., Rincón C., Westley H., Solorio J. y - Schmitter E. 1974a. Edad Precámbrica Tardía del Esquistos Taxco, Edo. de Gro.: Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros, v. - 26 p. 183-193.

- Cserna Z. De, Fries C. Jr., Rincón C., Silver L., Westley H., Solorio J., Schmitter E. 1974. Datos geocronométricos Terciarios de los Estados de Méx., Mor. y Gro. Bol. Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros, v. 26 p. 263-273.
- Cserna Z. De 1978a. Notas sobre la geología de la región comprendida entre Iguala, Cd. Altamirano y Temascaltepec. Estados de Gro. y Méx. Soc. Geol. Mex., Libro Guía de la excursión-geológica a Tierra Caliente, Estados de Gro. y Méx., p.1-25
- Cserna Z. De, Palacios M., Pantoja J. 1978b. Relaciones de facies de las rocas Cretácicas en el noroeste de Guerrero y en áreas colindantes de México y Michoacán. Instituto de Geología UNAM, Revista, v. 2, No. 1, p. 8-18.
- Crowder D.F., Mckee E., Ross D.C. and Krauskoff K.B. 1973. Granitic rocks of the White Mountain area, Cal.-Nevada: Age and regional significance; Geol. Soc. Am. Bul. v. 84 p.285-296.
- Degens E.T., Stoffers 1977. Phase Bounderies as an instrument for metal concentration in geological systems. Time and strata-bound ore deposits; edited by D.D. Klemm and H.J. Schneider Springer-Verlag Berlin Heidelberg N.Y., p. 25-41.
- Demant, A. 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Inst. de Geol. Revista, v. 2 No. 2 p. 172-187.
- Demant A. 1982. Interpretación geodinámica del volcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano. Inst. de Geol. UNAM. Revista, - v. 5 No. 2(81-84) p. 217-222.
- Diaz G. 1977. El contacto Esquistos Taxco Roca Verde Taxco Viejo - en la región de Zacualpan Edo. de Méx. Fac. de Ingenieria, - UNAM, Tesis Profesional.
- Dickinson W. and Payne W.(Eds.), 1982. Relations of tectonics to ore deposits in the Southern Cordillera. Arizona Geological Society, v. XIV, p. 113-135.
- Elías H.M. 1981. Geología del área Almoloya de las Granadas-San Lucas del Maiz, Municipio de Tejupilco, Edo. de Méx. Tesis de Maestria, Fac. de Ciencias UNAM.
- Fries C.Jr. 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adya

centes de México y Guerrero. Región central meridional de México: Inst. de Geol. UNAM, Bol. 60.

- Fries C.Jr. 1962. Lista de fechas geoquímicas reportadas para minerales y rocas mexicanas, con sus comentarios geológicos y geotectónicos en estudios geocronológicos de rocas mexicanas, Bol. 64, Inst. de Geol. UNAM, pte. 3, p. 85-109.
- Garza G.C. 1980. Potencial minero de la depresión de Tejupilco y Zacualpan Edo. de Méx. C.R.M., Sem. Interno Expl. Geol. Min, v. 8 p. 65-95.
- Garcia R.P. 1982. Estudio Geológico del Distrito Minero de Temascaltepec, Edo. de Méx. Fac. de Ingenieria UNAM, Tesis Profesional.
- Gonzalez Partida E. 1982. Le Province Filonienne Au-Ag Taxco-Guanajuato(Mexique). Tesis Doctoral, Paris Francia.
- Gonzalez Partida E. 1982. Los yacimientos polimetálicos Au-Ag de Tierra Caliente: Proposición de un modelo de removilización sobre Miahuatlán, Temascaltepec y Sultepec, Edo. de Méx., - en base a isótopos de azufre. Geomimet 1982 # 121 p. 77-91.
- Gonzalez Partida E. 1983. Las inclusiones fluídas y las características genéticas de la mineralización polimetálica de Tierra Caliente. Geomimet 1983 # 123 p. 35-55.
- Gonzalez Partida E. 1983. Análisis petrográfico cristalquímico y de inclusiones fluídas de la serie metamórfica Paleozoica - de Tierra Caliente. Geomimet 1983 # 124 p. 61-71.
- Hobbs B.E., Means W.D. and William P.F. 1976. An outline of structural geology, Jhon Wiley and Sons Inc. 571 p.
- Huang W.T. 1968. Petrología Ed. UTEHA.
- Hutchinson R.W. 1973. Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance: Econ. Geol., v. 68 p. 1223-1247.
- Lopez Medel 1983. Levantamiento Geologico-Geoquímico Regional de sedimentos de arroyo. Proyecto Santa Rosa, Mpio. de Tejupilco, Edo. de Méx. Informe Privado, Cía. Minera Las Torres S. A. de C.V.
- Lopez Medel 1984. Informe Semestral del Proyecto La Guitarra, Municipio de Temascaltepec, Edo. de Méx. Informe Privado Cía.

nicipio de Temascaltepec, Edo. de Méx. Informe Privado Cía. Minera Las Torres S.A. de C.V.

Lopez Medel. 1984. Informe Semestral del Proyecto Santa Rosa, Municipio de Tejupilco, Edo. de Méx. Informe Privado Cía Fresnillo S.A. de C.V.

Lorinczi, G.I., Miranda V. 1978. Geology of the massive sulphide-deposits of Campo Morado, Gro., Méx.; Econ. Geol. v. 73 p.-180-191.

Miyashiro A. 1961. Evolution of Metamorphic belts. In metamorphism and Plate Tectonic Regimens; edited by Ernst G.W. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. p. 8-42.

Mooser F. 1968. The Mexican volcanic belt structure and development; formation of fractures by differential crustal heating: México, D.F., Pan-Am Synp. on the Upper Mantle(1968), pte.-2, p. 15-22.

Mooser F. 1972. El Eje Volcánico Mexicano, debilidad cortical Pre Paleozoica reactivada en el Terciario. Mem. 11 C.N. 1972 p. 186.

Múgica M. 1980. Determinación de edades por el método de potasio-argón de rocas ígneas intrusivas y metamórficas del área de Arteaga, suroeste del Estado de Michoacán, Méx. V C. Geol.-Nal., Resumen p. 84.

Obregón R.E. 1983. Estudio Geológico del área San José de la Laguna, Mpio. de Tejupilco, Edo. de Mex. Trabajo Recepcional -- UASLP, México.

Ontiveros T.G. 1973. Estudio estratigráfico de la porción noroccidental de la cuenca Morelos-Guerrero: Bol. Asoc. Mex. Geólogos petroleros, v. 25 p. 189-234.

Ortega Gutierrez F. 1981. Metamorphic belt of SE México and their tectonic significance: Geof. Int., v. 20 p. 177-202.

Pantoja A.J. 1959. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Edo. de Mich.: Cons. Recursos Nat. No Renovables(México), Bol. 50, 36 p.

Parga P. 1980. Geología y metalogénesis del yacimiento estratiforme de sulfuros masivos de Tizapa, Zacazonapan, Edo. de Méx.

- Méx. VIII Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera C.R.M., p. 336-363.
- Parga P. 1981. Geología del área de Tizapa, Municipio de Zacazonapan Edo. de Méx. Fac. de Ciencias UNAM, Tesis de Maestría.
- Raisz E. 1959. Landforms of México: Cambridge, Mass., mapa con texto escala 1:3,000,000.
- Rodriguez S. 1982. Geología del depósito de Ag-Pb-Zn de Tizapa, Municipio de Zacazonapan, Edo. de Méx. Tesis Profesional Fac. de Ingenieria UNAM.
- Romo V. 1982. Geología del yacimiento de sulfuros masivos de Tizapa, Zacazonapan, Edo. de Méx. Tesis Profesional IPN.
- Salas G.P. 1975. Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana, C.R.M., Pub. 21-E 242 p.
- Salvador A. and Green A. 1980. Opening of the Caribbean Tethys (origin and development of the Caribbean and the Gulf of México). Memoire du B.R.G.M. No. 115-1980, p. 224-229.
- Sato Takeo 1977. Los sulfuros masivos volcanogenéticos su metalogenia y clasificación. Dpto. Geol., Pub. No. 1. Universidad de Sonora, Méx.
- Sillitoe R.H. 1973. Environment of formation of volcanogenic massive sulfide deposits. Econ. Geol. v. 68 p. 1321-1325.
- Strauss G.K., Madel J. and Alonso F. 1977. Exploration practice for strata-bound volcanogenic sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite belt: Geology, Geophysics and Geochemistry. Time and Strata-Bound Ore Deposits; edited by D.D. Klem and H.J. Schneider Springer-Verlag Berlin Heidelberg - N.Y. p. 55-93.
- Turner F. and Verhoogen J. 1960. Igneous and Metamorphic Petrology, second edition, McGraw Hill Book Company, 694 p.
- Vallejo A. 1981. Informe geológico del área Santa Rosa, Municipio de Tejupilco, Edo. de Méx. Informe Privado Cía. Fresnillo - S.A. de C.V.
- Velez C. y Vazquez M. 1979. Estudio Geológico-Minero del área Valle de Bravo, México. Tesis Profesional Facultad de Ingeniería

ria UNAM.

Ward H.G. 1827. Mexico en 1827. Lecturas Mexicanas No. 73. Ed. --
Fondo de Cultura Económica/S.E.P. 1985.

Winkler H. 1976. Petrogenesis of metamorphic rocks, Fourth Ed. ---
Springer-Verlag N.Y., Heidelberg Berlin, 334 p.