

24 22

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA MAMATLA-
TLANILPA, ESTADOS DE GUERRERO Y MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el Titulo de

I N G E N I E R O G E O L O G O

P r e s e n t a:

MONTES NAPOLES JOSE VICTOR B.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Breve Reseña Histórica de la Minería en México..... 4
- 1.2. Situación Actual y Futura de la Minería en México..... 9
- 1.3. Zacualpan, Datos Históricos Generales 10

2. GENERALIDADES

- 2.1. Objetivos..... 14
- 2.2. Método de Trabajo..... 14
- 2.3. Trabajos Previos..... 15
- 2.4. Localización y Extensión del Area..... 15
- 2.5. Vías de Comunicación..... 16

3. GEOGRAFIA

- 3.1. Clima, Vegetación y Fauna 17
- 3.2. Cultura y Economía..... 19
- 3.3. Fisiografía..... 21
 - 3.3.1. Geomorfología..... 22
 - 3.3.2. Orografía..... 23
 - 3.3.3. Hidrografía..... 24

4. GEOLOGIA

- 4.1. Marco Geológico Regional..... 26
- 4.2. Estratigrafía..... 27
 - 4.2.1. Introducción..... 27
 - 4.2.2. Mamatla, México..... 27

	Pág.
4.2.2.1. Introducción.....	27
4.2.2.2. Pizarras Techalotla.....	28
a.ª Distribución.....	28
b.- Litología y Espesor..	29
c.- Relaciones Estratigrá cas.....	30
4.2.2.3. Metavolcánicos Coronas...	30
a.- Distribución.....	30
b.- Litología y Espesor..	31
c.- Relaciones Estratigrá cas.....	31
4.2.3. Tlanilpa, Guerrero.....	32
4.2.3.1. Introducción.....	32
4.2.3.2. Metasedimentos Tlanilpa..	33
a). Distribución.....	33
b). Litología y Espesor..	33
c). Relaciones Estratigrá ficas.....	39
4.2.4. Discusión.....	41
4.3. Tectónica.....	52
4.3.1. Fallas y Fracturas.....	52
4.3.2. Fases de Deformación y Discusión.	55
4.3.3. Metamorfismo y Grado Metamórfico..	60
4.3.4. El Papel de la Tectónica de Placas	62
4.4. Historia Geológica.....	64

	Pág.
4,5. Yacimientos Minerales.....	69
4.5.1. Yacimientos Singenéticos.....	69
A) Manto Rico.....	69
B) El Sabino.....	71
C) La Yerbabuena.....	71
D) Lote Francisco.....	72
E) El Capiri, Aurora y Guadalupe.....	72
4.5.1.1. Relación de Campo.....	74
4.5.1.2. Hipótesis Genética.....	78
4.5.2. Yacimientos Epigenéticos.....	80
A) El Zapote.....	80
B) San Enrique.....	81
C) Mina Sara.....	82
D) Mina Santiago.....	82
E) Mina El Escorpión.....	83
F) El Cobre.....	84
G) El Marrano.....	84
4.5.2.1. Gufas Mineralógicas, Lito lógicas y Fisiográficas..	85
4.5.2.2. Zoneamiento.....	85
4.5.2.3. Hipótesis Genéticas.....	87

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de cualquier trabajo, pequeño o grande, siempre ha sido posible gracias a la oportuna participación de distintas personas. El presente estudio no es la excepción y la realización del mismo hace patente el apoyo que me brindaron algunas de ellas; seguramente hay muchos otros que también lo hicieron indirectamente. Para todas ellas mi agradecimiento.

No obstante doy las más cumplidas gracias a las siguientes personas : al Ing. Germán Arriaga García por haber accedido solícitamente a ser el director del presente estudio y a los Ings. Jorge Nieto Obregón, Miguel Vera Ocampo, Carlos Garza González-Vélez y al Dr. Eduardo González Partida; por las atinadas correcciones del escrito y por haber accedido a fungir como sinodales en el Examen Profesional.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el consentimiento de los ejecutivos de la Gerencia de Estudios Especiales del Consejo de Recursos Minerales. Gracias por el apoyo recibido, al Dr. José L. Lee Moreno, e Ings. Gustavo Camacho y Raul Cruz Ríos, así como a los Ings. Arturo Franco y Demetrio Silva Macedo.

El escrito también fue corregido y criticado por el Dr. Daniel Colorado Liévano, e Ing. Jesús Ojeda Rivera, a ellos gracias por su colaboración.

Quiero agradecer también la eficiente colaboración no menos importante, de las siguientes personas : Sr. Luis Cerón - por haber dibujado las Figs. 2, 3, 4, 5, 6 y 8, las secciones geológicas y la leyenda del plano; a mi esposa, Sra. Ma. Teresa de Jesús por haber mecanografiado totalmente el primer borrador, así como también a la Sra. Aída Pacheco y a la Sra. Marina Ramírez por mecanografiar el texto final.

Mil Gracias

México, D.F., diciembre 8, 1983.

RESUMEN

El área en cuestión se localiza en el extremo SW del Edo. de México y en el sector norte del Edo. de Guerrero, entre los paralelos $18^{\circ}34'40''$ - $18^{\circ}40'$ L.N., y los meridianos $99^{\circ}40'$ - $99^{\circ}54'$ L.W. El estudio comprende un área de 127.5 km^2 . La región se sitúa en la Subprovincia Balsas-Mexcala de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur y en el borde norte de la Provincia Geológica de la Cuenca Morelos-Guerrero. En general, las geoformas que presenta la región son características de un levantamiento rápido y breve, probablemente debido al emplazamiento de intrusivos terciarios (De Cserna, 1978).

En el presente estudio se desarrolla un bosquejo de la estratigrafía del área Mamatla-Tlanilpa y se agrupan a las distintas unidades bajo la denominación informal de Pizarras Techalotla y Metavolcánicos Coronas en el sector de Mamatla, México y Metasedimentos Tlanilpa, en el sector de Tlanilpa, Gro. Las Pizarras Techalotla consisten de pizarras negras y meta-areniscas con intervalos ocasionales de metalavas andesíticas. Los Metavolcánicos Coronas son metalavas y metatobas andesíticas con intercalaciones de pizarras de color claro y meta-areniscas arcillosas. En el Sector de Tlanilpa se le ha dado el nombre de Metasedimentos Tlanilpa a un conjunto formado por una secuencia pelítico-calcárea que descansa discordantemente sobre metavolcánicos que varían en composición de intermedia a ácida, y está cubierta por una metatoba andesítica. Asimismo, se plantea la posibilidad de un cambio de facies entre Mamatla y Tlanilpa.

La secuencia volcano-sedimentaria fue sometida a un metamorfismo regional de bajo grado, equivalente a la facies de esquistos verdes. Se discuten algunas consideraciones tectónicas acerca del origen de este metamorfismo.

En el Sector Tlanilpa-Azulaquez se han localizado algunos índices de sulfuros masivos, comprendidos entre la cima de los metavolcánicos y los metasedimentos pelítico-calcáreos. En casi todos se presenta la asociación Pb-Zn con ganga de cuarzo, calcita, barita y dolomita. También se presenta una silicificación al bajo de los índices de sulfuros masivos, lo cual se podría considerar característico del depósito de salmueras de alta densidad y baja temperatura (Sato, 1977).

Los yacimientos en vetas se consideran de baja temperatura (epitermales), cuyo emplazamiento se asocia a una removilización parcial de sulfuros del reservorio volcano-sedimentario, por fluidos meteóricos superficiales, que circularon en favor de una celda convectiva provocada por una anomalía térmica ligada a las intrusiones granitoides del Terciario (Oligoceno), (González Partida, 1981, 1983).

I. INTRODUCCION

Se sabe muy bien que la importancia de la minería en México siempre fue relevante, no sólo por sí misma como un factor de soporte económico, sino porque durante el tiempo de coloniaje en este país, la producción de plata y oro - principalmente la primera - durante muchos años llegó a ser (y sigue siendo) la número uno en el mundo. "Tanta así era la bonanza que en un año común, la mina Jimelsfurt, la más abundante de Sajonia, dió 10,000 marcos de plata; la más rica de México, la Valenciana, 360,000. La producción anual de Nueva España rindió diez veces la de todas las minas europeas". (López Gallo, 1977, p. 57).

Debido a los problemas sociales, políticos y económicos que reseña la Historia de México, la minería siempre fue objeto de ciertos manejos, a través de los cuales se realizó la intervención extranjera de manera preponderante en la vida nacional de México.

Es por esto que el autor del presente trabajo ha decidido encuadrarlo en un marco histórico contemporáneo, para evitar que quedara desprendido de la realidad social, cuyo contexto es prácticamente imposible soslayar, sea cual sea su manifestación actual: política, económica o social.

En lo que sigue se hará una breve reseña histórica de la minería en México para lo cual se han tomado como auxilio a tres autores.

Para tal efecto, en una primera parte se tomaron las notas

de Manuel López Gallo de su libro Economía y Política en la historia de México, y de la Historia Social y Económica de México (1521 - 1824) de Agustín Cué Cánovas. En la segunda parte se transcriben datos históricos exclusivamente sobre el mineral de Zacualpan, México, escritos por el Ing. de Minas Christian Ortega y Larsen (1933).

1.1. Breve Reseña Histórica de la Minería en México.

A continuación se transcriben textualmente algunas notas de Cue Cánovas (op. cit.), acerca de cómo surgió la minería en México y cuales fueron los primeros distritos mineros que alcanzaron pronto un desarrollo sorprendente:

"La minería tuvo diversa y gran influencia en la época colonial, en la distribución de la población como en la agricultura y ganadería, el comercio y los transportes, en las rentas de la Corona, en el desarrollo de la economía y aun en la propaganda religiosa. (Donde no hay plata no entra el evangelio decían los Franciscanos)."

"Diversos factores explican su progreso más que en el orden técnico, en el de la producción (de oro y plata) de ellas obtenida. En primer lugar, las ideas de mercantilismo y bullionismo* imperante en la época, la política protectora de la Corona, el territorio abundante en minas de plata más que de oro, la intervención del crédito eclesiástico en la minería y otros factores."

"Se sabe que en 1532 se descubrieron las primeras minas, según informe de oficiales reales. Pronto surgió el primer gran distrito minero: Taxco, Zacualpan, Sultepec, Zumpango del Río, Espiritu Santo y Tlalpujahuá. A mediados del siglo XVI estaba ya en explotación activa el segundo gran distrito minero constituido por los reales del Monte, de Pachuca y de Atotonilco. La explotación del tercer gran distrito minero se inició en Zacate-

* Derivado de bullion; anglicismo que denota oro o plata en lingotes (The New World Dictionary, 1968), (nota del autor).

cas (1547) y en Guanajuato (1554)."

"Hasta 1554, aproximadamente, en la minería novohispana se empleó el llamado beneficio de fuego. A partir de esta fecha se introdujo el llamado beneficio de patio, que perduró hasta 1792. De esta última fecha en adelante, podemos decir que se desarrolló el período científico de la minería."

De igual modo, López Gallo (op. cit.) narra el principio y desarrollo de la minería en México, sin embargo, a diferencia de Cue Cánovas (op. cit.), él recalca que la iglesia no tuvo ingerencia en el desarrollo de la actividad minera, según se ve a continuación:

"Correspondió a esta actividad marcar la pauta del derrotero de la economía novohispana. La agricultura estaba sujeta en buen grado a las condiciones favorables o adversas de la minería. Los ingresos de la Corona también dependían en forma considerable del estado de la extracción minera. Muchas de las poblaciones importantes de la Nueva España nacieron al calor de los -- fondos mineros y las familias de más alta prosapia debieron a la plata y al oro el lustre de sus apellidos."

"Favorecida por una congruente legislación que perseguía eliminar cualquier obstáculo, la explotación de los recursos no renovables llegó a un auge tal, que a principios del siglo XIX, en sólo un año, se acuñaron monedas por valor de veintisiete millones de pesos. El minero, de incurrir en algún delito, no podía ser trasladado del lugar de trabajo y ahí mismo pagaba su condena. Tampoco eran objeto de embargo los bienes destinados a

la ocupación minera, la cual no debía suspenderse por mandato de ninguna autoridad. Más sobre todo, la minería nunca acudió al crédito de la iglesia, llegándose a crear una institución crediticia especial para el provecho exclusivo de los mineros."

La minería colonial recibió un impulso muy importante cuando fue introducido en las minas de Pachuca, el procedimiento conocido como de patio o amalgamación, por Bartolomé de Medina, y se puso ahí en práctica por primera vez en el mundo (1554). A este respecto Cue Cánovas (op. cit.) reseña brevemente el desarrollo de los métodos de beneficio.

"El beneficio de patio se empleó en la minería novohispana durante cerca de cuatro siglos hasta que, a principios del actual, un minero español de nombre Andrés Fernández, inventó en Pachuca el llamado beneficio de 'patio cerrado' sustituyendo la sal por hiposulfito. Mientras tanto, en Europa, la técnica minera había logrado desarrollarse rápidamente mediante el empleo, principalmente, del método de fundición y más tarde del de 'cianuración' que impulsaron vigorosamente la explotación minera."

Hasta aquí se puede tener una idea más o menos general de cómo se desarrolló la minería en México; ahora se verá esta actividad en el período comprendido entre 1800 y 1854.

López Gallo (op. cit.) señala tres características de la minería que destacan en esta época: "La primera se significa porque la producción iba dirigida primordialmente a la explotación de metales preciosos. En realidad la extracción se limitaba casi con exclusividad a la plata, ya que el oro en México sólo la

acompañía. La segunda, consistía en que las vetas eran de muy baja ley. La tercera, estribaba en la extraordinaria abundancia de las minas." Asimismo, este autor recalca que hasta la fecha no se han descubierto en el mundo minas de plata más productivas que las mexicanas. Ocasiones hubo en que la Valenciana produjo ella sola - más que todas las minas del Perú (López Gallo, op. cit., p.56-57).*

Este autor continúa citando cifras y datos por demás interesantes, en los cuales se puede inferir el efecto que tuvieron las revueltas próximas y posteriores al movimiento de independencia. A principios del siglo XIX la producción anual de oro y plata era de 14 millones de pesos; en 1810 llega a 19, a partir del cual desciende estrepitosamente año con año hasta 6 millones de pesos en 1821: "No es casual que las porciones extraídas observaran una proporción inversa a los éxitos del movimiento de independencia."

Es prácticamente imposible hacer a un lado los comentarios del autor antes citado pues, es muy posible que refleje fielmente en un grado bastante elevado, la realidad que vivía el país en esta época (1800 - 1854):

"En esta actividad (la minería) comienza a manifestarse la penetración del capital extranjero. No podía ser en otra forma. El pusilánime capital privado mexicano no deseaba invertir en este ramo y, el del clero, ni pensarlo. En contraste, el capital inglés se hallaba presto para expandir su dominio en la extra

* Nota del Autor. La mina de El Potosí, en Bolivia, se considera la mina de plata más rica en el mundo y recientemente (10 años) la mina Kidd Creek, sulfuro masivo arkeano del Escudo Canadiense se convirtió en la más rica en Ag. (Ing. J.Nieto, comunicación personal)

ción de minerales. Sobre todo en una región como México, productor extraordinario de esta riqueza, a la que tanto Humboldt ponderara. Alamán, como funcionario público movió cuantos resortes tuvo a su alcance para atraer el capital extranjero, lo cual le reportó buenas utilidades. - A continuación este autor cita un párrafo íntegro de Cué Cánovas, Agustín. Historia Social y Económica de México Edit. América, México 1947 p. 120.-

'Pronto la Bolsa de Londres había de inundarse de valores mexicanos; se formaban compañías por acciones para explotar las riquezas minerales de México. En 1824 aparecía la Compañía Anglo-Mexicana con un capital de 1'000,000.00 de libras esterlinas, dividido en 10,000.00 acciones de 100 libras cada una. Poco después - surgía la Compañía Unida de Minas con un capital de 240,000.00 libras divididas en 600 acciones de 40 libras cada una. Más tarde - otras compañías se formaron. El secretario de Relaciones Alamán fue asociado a la Compañía Unida y nombrado presidente de la Junta de Administración en México, con una participación de una octava - parte de los beneficios que pasaran de 10%, comprometiéndose los Hullet Hermanos, directores de la compañía, a darle 50.000.00 francos; 12,000.00 pagados al contado y los 38,000.00 restantes, al recibir aviso oficial suyo y un certificado de la autoridad competente (La autoridad competente era Alamán) en México por el cual se aprobara la constitución de la compañía y se garantizara a ésta, funcionar en nuestro país, sin impedimento.'

La economía colonialista había marcado y persistiría - marcando su profunda huella en la población, en la agricultura, en

los caminos y posteriormente en los ferrocarriles. El auge o la depresión de las regiones descollantes del país, dependieron siempre de que una veta subsistiera en su riqueza o de que se agotara. Hado cruel de los países sobre explotados, su progreso, va unido a su depauperación." (López Gallo, op. cit. p. 56-61).

Siendo otro el objeto del presente trabajo, se concluye este tema con unas cuantas líneas más en relación a las "concesiones" otorgadas por el Estado.

"La violación de este inalienable derecho nacional, - fue para Díaz magnífico y eficiente soporte en el robustecimiento de su dictadura. La enajenación de nuestro subsuelo a intereses extranjeros, principalmente norteamericanos, le permitiría contar en adelante con un aliado poderoso. El éxito de la política, porfirista estribó, en hipotecar a la nación a trueque de la detención del poder. He aquí el meollo de su sagacidad política" (López Gallo, op. cit.).

1.2.- Situación Actual y Futura de la Minería en México.

Por otra parte, la visión retrospectiva es necesaria e importante para poder evaluar el presente, el cual se revela, - a despecho de la crisis económica actual, con buenas perspectivas en el campo de la minería nacional. Según datos proporcionados - por la Cámara Minera de México, correspondientes al año de 1981:

"En la producción de catorce minerales, México continuó colocado en los cinco primeros lugares a nivel mundial: primero en plata, fluorita y celestita; segundo en bismuto y arsénico;

INDICADORES MINEROS
VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCION MINERO-METALURGICA
EN LA REPUBLICA MEXICANA
1980 - 1981

METALES Y MINERALES	PRODUCCION EN TONELADAS			VALOR EN MILES DE PESOS		
	1980	1981	CRECIMIENTO (%)	1980	1981	CRECIMIENTO (%)
Total				53,439,461	48,494,745	- 9.5
I. METALES PRECIOSOS (1)				25,325,509	15,825,752	- 37.5
Oro (Kg.)	6,096	6,519	+ 5.7	2,826,870	2,344,448	- 17.1
Plata (Kg.)	1,472,557	1,654,829	+ 12.4	22,498,639	13,481,304	- 40.1
II. METALES INDUSTRIALES NO FERROSOS (1)				16,879,982	18,043,994	+ 6.9
Plomo	145,549	157,384	+ 8.1	3,231,847	2,951,682	- 9.3
Cobre	175,399	230,466	+ 31.4	8,670,688	9,763,051	+ 12.6
Zinc	238,231	211,629	- 11.2	4,242,230	4,592,027	+ 8.2
Antimonio	2,176	1,800	- 17.3	149,952	125,282	- 16.5
Arsénico	5,250	4,956	- 6.0	87,024	136,777	+ 57.2
Bismuto	770	656	- 14.8	95,591	74,033	- 22.6
Estaño	60	28	- 53.3	25,902	10,646	- 58.9
Cadmio	1,791	1,433	- 20.0	231,864	135,455	- 41.6
Selenio	46	12	- 73.9	21,067	2,977	- 85.9
Tungsteno	266	199	- 25.2	87,043	68,703	- 21.1
Molibdenu	74	451	+ 509.5	36,774	203,361	+ 453.0
III. METALES Y MINERALES SIDERURGICOS				5,160,826	6,674,799	+ 29.3
Carbón Mineral (2)	408,464	1,237,201	+ 202.9	65,354	197,952	+ 202.9
Coque (2) (3)	2,409,228	2,425,550	+ 0.7	1,361,214	1,370,425	+ 0.7
Hierro (1)	5,087,361	5,292,609	+ 4.0	3,159,932	4,263,978	+ 34.9
Manganeso (1)	160,966	208,193	+ 29.3	574,326	842,444	+ 46.7
IV. MINERALES NO METALICOS (2)				6,073,144	7,950,200	+ 30.9
Azufre	2,102,301	2,077,117	- 1.2	3,442,336	4,512,439	+ 31.1
Grafito	44,506	41,142	- 7.6	74,563	75,066	+ 0.7
Barita	269,322	317,738	+ 18.0	270,989	394,368	+ 45.5
Dolomita	378,316	371,027	- 1.7	22,699	22,322	- 1.7
Fluorita	916,455	924,854	+ 0.9	1,921,046	2,554,155	+ 33.0
Caolín	29,542	19,195	- 35.0	2,364	1,535	- 35.1
Sílice (4)	728,304	850,390	+ 16.8	109,246	127,558	+ 16.8
Yeso	1,708,924	1,882,913	+ 10.2	85,446	94,146	+ 10.2
Fosforita	283,246	330,611	+ 16.7	144,455	168,611	+ 16.7

1) Contenido metálico
2) Volumen del mineral
3) Incluye línea de coque
4) Incluye arena para vidrio, esmeraldas y silicea

FIJEM I E. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
Secretaría de Programación y Presupuesto.

tercero en antimonio, grafito y sulfato de sodio; cuarto en azufre y selenio; quinto en plomo, zinc, barita y mercurio."

"Al término del actual sexenio, habrán entrado en producción diez nuevos yacimientos de plata, plomo, zinc, cobre, molibdeno, barita, carbón y roca fosfórica (Real de Angeles en Zacatecas, Cuale en Jalisco, Velardeña en Durango, Rosario en Sinaloa, La Caridad, Cumobabi y Villa Pesqueira en Sonora, La Minita en Michoacán, Río Escondido en Coahuila y San José de la Costa en Baja California); diversas expansiones en las minas y plantas actualmente en operación productoras de azufre y metales no ferrosos; nuevas plantas de zinc electrolítico, ferromanganeso, concentradoras de mineral de fierro, peletizadoras y sintetizadoras así como ampliaciones en las fundiciones de metales no ferrosos y en la refinería de cobre."

"El valor de la producción se incrementó de 25,000 millones de pesos en 1977 a 48,000 millones de pesos en 1981, Las exportaciones se elevaron de 10,000 millones de pesos en 1977 a 27,000 millones de pesos en 1981, en el mismo lapso se crearon 42,500 nuevos empleos" (Rev. Min. Camimex, 1982). (Ver Tabla No. 1)

1.3.- Zacualpan, datos históricos generales.

Concretamente acerca del Distrito Minero de Zacualpan, Méx., Ortega y Larsen (op. cit.) describe cómo se descubrieron las vetas principales que posteriormente le dieron realce a la región por su producción de plata y oro asociado. Esto se puede ilustrar con algunas de sus notas que se citan a continuación:

"Zacualpan, que significa 'sobre la pirámide' según unos y según otros 'sobre el escondite'. se encuentra construido en el extremo este del parteaguas secundario que parte hacia el ENE del cerro de Coronas; fue conocida esta zona por los españoles desde el año de 1529 (lo mismo que las adyacentes) habiéndola denominado 'La provincia de los platas' que indica desde luego que se extrajeron en abundancia los minerales argentíferos. No se encuentran registros de la producción obtenida, pero los comidos a tajo abierto sobre algunos crestones, lo mismo que los interiores en algunas minas indican que la producción debe haber sido bastante importante, habiendo quien asegura que de Zacualpan y Chontalpan se han extraído metales por valor de más de \$100'000,000.00 de pesos. Debe hacerse notar que los aztecas, a la llegada de los españoles, ya conocían algunos de los yacimientos de donde se extraían minerales, habiéndolo sido aquellos los que mostraron a los españoles las riquezas existentes."

"Zacualpan fue erigido en Real de Minas, el año de 1531, y la mina de Capula en la cuadrilla de La Canal fue la primera que trabajaron los hispanos, y que había sido descubierta por unos arrieros que iban de Sultepec a Taxco."

"Durante los siglos XVI, XVII y XVIII, se explotaron con regularidad varias minas de Zacualpan, siendo las de Coronas, donde el mismo Rey de España estaba directamente interesado, unas de las que más se trabajaron; como a mediados del siglo XVIII el señor José de la Borda trabajó Xitinga y Chontalpan, habiendo sido afortunado en las explotaciones que emprendió."

"Con motivo de la guerra de Independencia, se paralizaron casi todos los trabajos desde 1810 hasta 1825, y únicamente en el Socavón Dios Nos Gufe, en 1815 descubrió un clavo el señor José Embriz, un poco al Norte, de en donde los españoles habían extraído otro a principios del siglo XIX; posteriormente, en 1845, y por último, en 1893, se volvieron a encontrar otros clavos regulares. Volvió el auge a la zona, de 1826 en adelante, pudiéndose citar como hechos notables el hallazgo del primer clavo rico en la mina del Alacrán, el año de 1835, por el señor Roque Díaz, que originó el establecimiento de la fundición de "Los Arcos" en Almoloya de Alquisiras, para beneficiar los minerales pobres que no soportaban los gastos de exportación, y así fue que en 1846 el señor Gustavo Stein echó a andar el primer horno, y más tarde otro más, en donde se fundían los minerales, no solamente del Alacrán, sino de varias minas de Zacualpan y Sultepec, principalmente los de Guadalupe de los Arcos ya que en 1860 se descubrió en la última un clavo que duró como cincuenta años, y que estuvo suministrando metales a dicha fundición."

"La primera bonanza de El Alacrán dió origen, además, al establecimiento de varias haciendas de beneficio en el arroyo del mismo nombre, y en donde aún pueden constatarse las ruinas de ellas."

"En 1975 se encontró en San Miguel Tlaxpampa un clavo regular el señor Adolfo Villanueva."

"En 1897 se volvió a cortar otro clavo rico en El Alacrán habiendo sido descubierto por los señores Del Caso, en el la

do norte del arroyo (Socavón de San Adrián)."

"A principios del siglo XIX comenzaron a descollar las minas de: Chontalpan, Carboncillo y Socavón de San Fernando, que siguieron trabajando hasta la época de la Revolución en 1910, durante la cual sólomente Chontalpan continuó sus trabajos regulares."

"En 1921 y 1929, se encontraron otros dos clavos en la mina del Socavón de San Fernando, pero no fueron de gran importancia."

En 1933, Ortega y Larsen señala como minas activas a Xitinga, Montecarlo y Guadalupe Los Arcos y les da buenas perspectivas a las dos últimas, así como también comenta la importancia de la región por las minas de Tianguillo (La Marsellesa), La Canal, La Cuchara, Coronas, Guadalupe Los Arcos, Guadalupe Los Reyes, San Miguel Tlaxpampa, El Alacrán, Chontalpan, Golondrinas, Cabrestante, Carboncillo y Puerto Corral.

2. GENERALIDADES

2.1. Objetivos.

El Objeto del presente trabajo, consiste en hacer una evaluación preliminar de la potencialidad económica de la región, en cuanto a yacimientos minerales de contenido metálico (cobre, plomo, zinc, plata y oro).

La importancia económica del área radica en que se encuentra inscrita en una "faja Mineralizada" de gran extensión, de carácter epigenético, que comprende parte de los estados de Guerrero, México y Michoacán (Ramiro Robles, 1937), y en que el ambiente geológico del Mesozoico (?) fue propicio para el depósito de yacimientos vulcanogénicos. Lo anterior se confirma por la presenacia de yacimientos descubiertos en el Estado de Guerrero, como los siguientes: Rey de la Plata, Campo Morado, y La Dicha, (Zamorano, 1977; Colorado, 1979; y otros, en Parga, 1981) y aquellos descubiertos en el Estado de México, como el de Santa Rosa (Colorado, 1979) y el de Tizapa (Parga, 1981; y Elías, 1981).

2.2. Método de Trabajo.

Como método de trabajo primeramente se procedió a hacer la cartografía, conjuntamente con la geología, a nivel regional, utilizando como base topográfica la Hoja Pilcaya E-14-A-67 (DETENAL); en el trabajo de campo también se emplearon las imágenes de satélite Landsat, cuya utilidad se tradujo en la visualización de los lineamientos más importantes, hipotéticamente relacionados con la localización de algunos yacimientos minerales en la región (Garza, 1980) (Fig. No. 1)

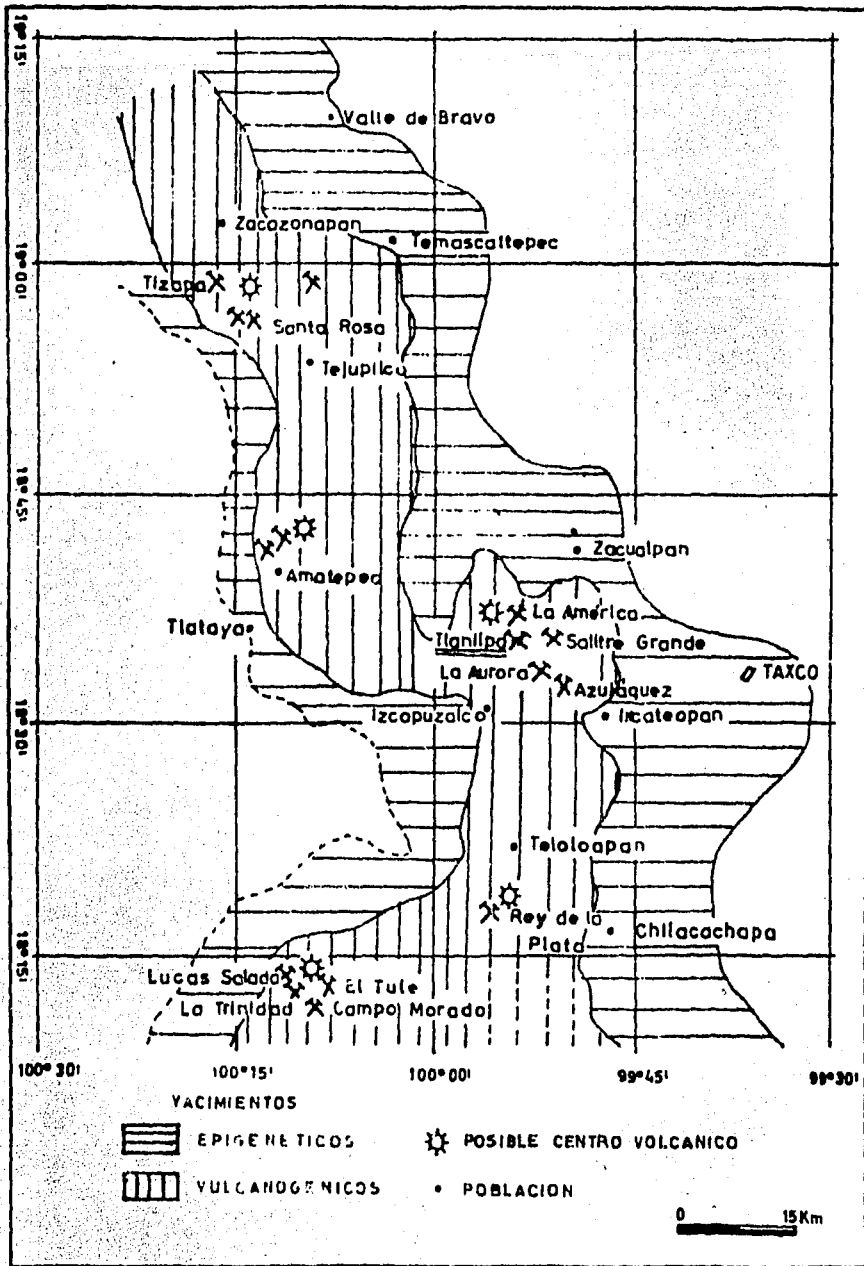


FIG. 1. POSIBLES CENTROS VOLCANICOS RELACIONADOS A LOS GRUPOS DE DEPOSITOS DE SULFUROS MASIVOS DE LOS ESTADOS DE GUERRERO Y MEXICO (ESPINOSA PEREA, BASADO EN LA FRANJA DE SULFUROS MASIVOS DE GARZA GONZALEZ, 1961).

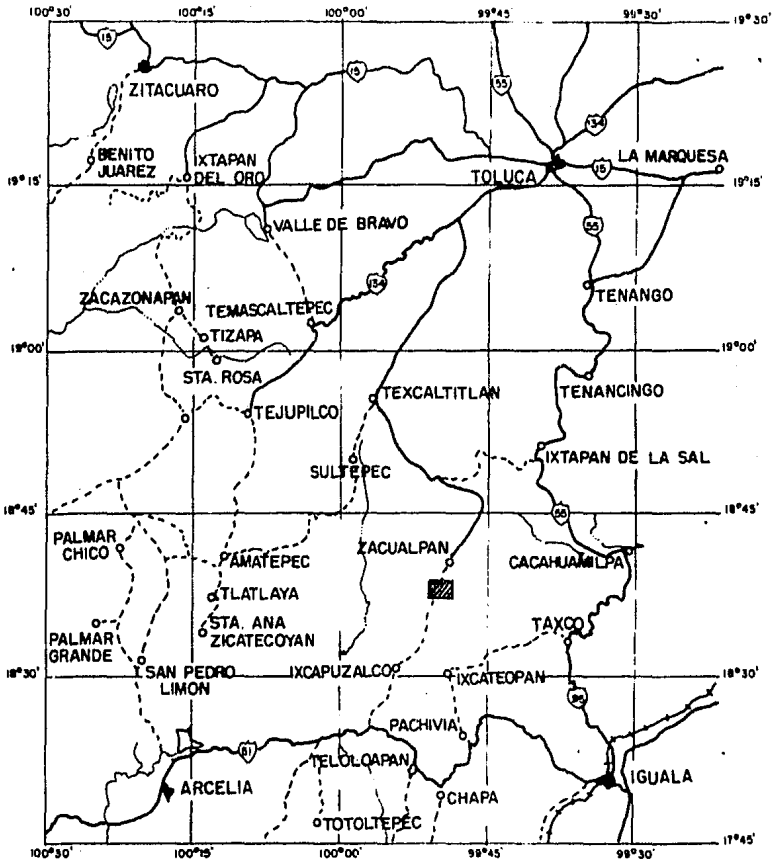
2.3. Trabajos Previos.

Considerando la antigüedad e importancia que llegó a tener el Mineral de Zacualpan, no es extraño que el mismo haya sido objeto de estudios tan antiguos como el de José María Reyes, que data desde fines del siglo pasado (1880) o, como aquéllos del Ing. Santiago Ramírez de 1882 y 1883; posteriormente, en 1905, Juan de Dios Villarello hace una "Descripción de algunas Minas de Zacualpan"; en 1909, aparece el estudio de Carpenter, M.T., "The Zacualpan District" inmediatamente después Platt, James M. escribe "The Zacualpan District"; México (1909), un año más tarde, José Villafaña escribe sobre "Las Minas Coronas y Anexas". De igual modo, se pueden continuar citando a aquellos autores que, como los anteriores, sentaron las bases de los estudios que se han elaborado más recientemente: Scaife, H. L. (1911-1912); Launay, L. de (1913); Robert K. William (1915 y 1916); García J.A. (1921; 1922 y 1923); López Núñez (1924 y 1929); Ortega y Larsen, Christian, (1933) y Ramiro Robles, (1937).

Entre los autores cuyos trabajos se relacionan directamente con el área de estudio, igual que los anteriores, pero de fechas más recientes, se tienen a : E. Gutiérrez, (1973); Fries, Carl, Jr. (1960); Ontiveros Tarango (1973); Campa, et. al. (1974, 1975, 1976, 1977, y 1978); Campa (1979); Ojeda Rodríguez (1980); Garza, et. al. (1980); Del Vechio (1978); y Espinosa (1982).

2.4. Localización y Extensión del Area.

Geográficamente el área de estudio se ubica en el extremo SW del Estado de México y en el sector Norte central del



	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	MAPA DE LOCALIZACION	
VICTOR MONTE NARDOZ	FECHA 1984	FIGURA 2

Edo. de Guerrero, entre los paralelos $18^{\circ}34'40''$ - $18^{\circ}40'$ de Latitud N y los meridianos $99^{\circ}46'$ - $99^{\circ}54'$ Longitud Oeste, y se localiza en la parte central de la Hoja Pilcaya E 14-A-67 (DETENAL) -

La superficie que comprende el presente estudio, cubre aproximadamente un área de 127.5 km cuadrados.

La población más próxima e importante es Zacualpan, México (cabecera municipal), situada al norte y a una distancia de 15 km por camino de terracería desde la rancharía de Mamatla, México; al SW está la población de Ixcapuzalco, Guerrero, a una distancia aproximada de 20 km desde Mamatla, México. (Fig. No. 2)

2.5. Vías de Comunicación.

Para llegar a la zona de trabajo, se tiene acceso por la carretera federal No. 134 que va de la Cd. de Toluca a Temascaltepe, Méx.; en el km 18 de la misma se entronca con la carretera federal No. 3, para tomar la desviación a Sultepec, Méx.; a la altura del km 47 se toma la desviación a Zacualpan por la carretera federal No. 50 en un recorrido de 43 km hasta dicho Municipio. (Fig. No. 3).

A partir de este punto se inicia la entrada a la zona de trabajo en un recorrido de 15 km por camino de revestimiento hasta la rancharía de Mamatla, Méx., tres kilómetros antes de llegar a esta localidad, parte un camino a la izquierda por donde se puede llegar a la Cd. de Taxco, Gro. en una hora y media aproximadamente. Por este camino de brecha y en muy mal estado de conservación (en época de lluvias sólo es posible el acceso en ve-

hículo de doble tracción), se puede llegar al municipio de Ixcapuzalco, Gro. distante aproximadamente a 3 Hrs. y media de la ranche_ría de Tlanilpa, Gro. a pie por el camino de terracería. En esta población hay comunicación para otras localidades del Estado de Guerrero.

El recorrido total desde la Cd. de México al área de estudio se hace aproximadamente en 5 Hrs., tanto si se realiza por la Cd. de Toluca como por la Cd. de Cuernavaca, Morelos.

3. GEOGRAFIA

3.1. Clima, Vegetación y Fauna.

El clima que predomina en la región es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 22°C y la del mes más frío es mayor de 18°C. El régimen de lluvias en invierno excede en diez veces el régimen anual. (E. García, Modificado de Koppen, 1970).

De acuerdo a la Geografía de México de Tamayo (1949) la zona de estudio queda comprendida en la Provincia Biogeográfica Neártica Neovulcanense ; la cual "cubre las partes con altura superior a 1000 m de la Cordillera Neovolcánica, el extremo sur de la Sierra Madre Oriental, la totalidad de la Sierra Madre de Oaxaca y la parte oriental y elevada de la cuenca del Río Balsas y gran parte de la Altiplanicie Meridional; comprende por ello áreas de numerosos estados a saber: centro y oriente de Jalisco, Guanajuato y Querétaro, norte de Michoacán, Hidalgo, México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, norte de Guerrero, Oaxaca y una faja al SW de Veracruz."

"Las fuertes variaciones en altitud y clima han dejado crecer núcleos de vegetación diversos. En las zonas frías se encuentran encinos (*Quercus flex*) y robles (*Quercus robus*), asociados a helechos, en los terrenos planos se encuentran algunas estepas con pastos y plantas herbáceas, arbustos, árboles pequeños, yucas, agaves y cactus. En las laderas altas de las serranías hay un cinturón de pinos (*Pinus silvestris*), encinos (*Quercus flex*) y robles (*Quercus robus*) hasta los 3000 m de altitud."

La fruticultura constituye la actividad principal - después del cultivo del maíz. Las frutas que se producen son, en primer lugar, el durazno y, en segundo término la granada china, el capulín, la chirimoya, el aguacate, la ciruela, la pera y el tejocote.

La fauna silvestre está representada por venado, conejo, ardilla, armadillo, tejón, zorrillo, tlacuache, gato montés y la tuza. La fauna doméstica se compone de gallinas, guajolotes, cerdos, y chivos. El ganado bovino no tiene relevancia; no obstante, existen algunas decenas de reces que el pueblo usufructúa para sus fiestas anuales, o bien, para sufragar algunos gastos de la comunidad.

Como bestias de carga y transporte utilizan en la región el caballo, el burro y la mula; si bien, ahora cuentan con un camino de revestimiento para transportar sus productos a la Cd. de Toluca o al Distrito Federal.

3.2. Cultura y Economía.

En la región se desarrollan diversas actividades, entre las cuales se incluye la agricultura en tierras de agostadero y la recolección de frutas como predominantes. El único producto como cultivo de temporal es el maíz acompañado por el "frijol de vara" como le llaman en la región.

Prácticamente todo el año se empacan frutos según su temporada, entre los que destacan, el durazno, el capulín, la granada china y el aguacate, además de la ciruela amarilla y la chirimoya; los cuales vienen a complementar la raquítica economía de la región.

Sin embargo, la construcción de un camino de revestimiento que comunicará el Municipio de Zacualpan, Méx. con San Antonio del Rosario y San Miguel Totolmaloya, ambos también en el Estado de México, contribuirá a mejorar el nivel socio-económico de la región. Esta construcción fue temporalmente una fuente de trabajo para gran cantidad de habitantes de las rancherías vecinas. Así mismo dicha obra redundará en un beneficio a mediano y largo plazo, pues con ello aumenta las vías de comunicación y convivencia entre los pueblos, dos condiciones básicas e importantes para que tenga lugar el desarrollo socio-económico que todavía se necesita en estos lugares.

Por otra parte, la actividad minera no es muy intensa. Puede decirse que actualmente vive de sus glorias pasadas pues, esta zona fue de las primeras que empezaron a producir oro y plata para la Corona de España, casi inmediatamente posterior a

la caída del Imperio Azteca. (ver el cap. de Introducción en este trabajo). Actualmente se sabe sólo de cuatro o cinco minas en operación; la más importante es la mina Guadalupe cuya explotación está a cargo de Industria Peñoles, S.A. a través de su filial Campana de Plata; la segunda compañía en importancia es la Cía Minera Barones de quien se sabe, indirectamente, que no ha obtenido los resultados esperados; rumbo a la subestación Coronas de la Cía. de Luz y Fuerza, se explota otra mina por un particular, el producto lo absorbe la planta de beneficio de la mina Guadalupe (Peñoles). En la localidad de Mamatla, Méx. está la mina Escorpión cuya explotación es a nivel muy pequeño.

Poco más al sur, en la localidad de Tlanilpa, Gro., se halla el prospecto Manto Rico. Este yacimiento fue descubierto en la década 1940 - 1950 y posteriormente se trabajó en menor escala; a la fecha se encuentra inactivo. La mineralización consiste en sulfuros masivos de origen exhalativo vulcanosedimentario alojado en metatobas dacítico-riolíticas y pizarras calcáreo-carbonosas de la secuencia vulcanosedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal (Espinosa, 1982).

El nivel cultural de la región, como en muchos lugares del país, es bastante bajo; sin embargo, actualmente los niños en edad escolar tienen la oportunidad de cursar la primaria completa en Mamatla, Méx.

Las rancherías más apartadas cuentan también con aulas de estudio pero, el principal problema es la falta de profesorado capaz de enfrentarse a los problemas de su propia comunidad,

para ir a los sitios más apartados y "padecer" la falta de comodidad. Se considera que esto es uno de los problemas más graves del país, contar con profesionistas que se dediquen al ejercicio auténtico de su profesión.

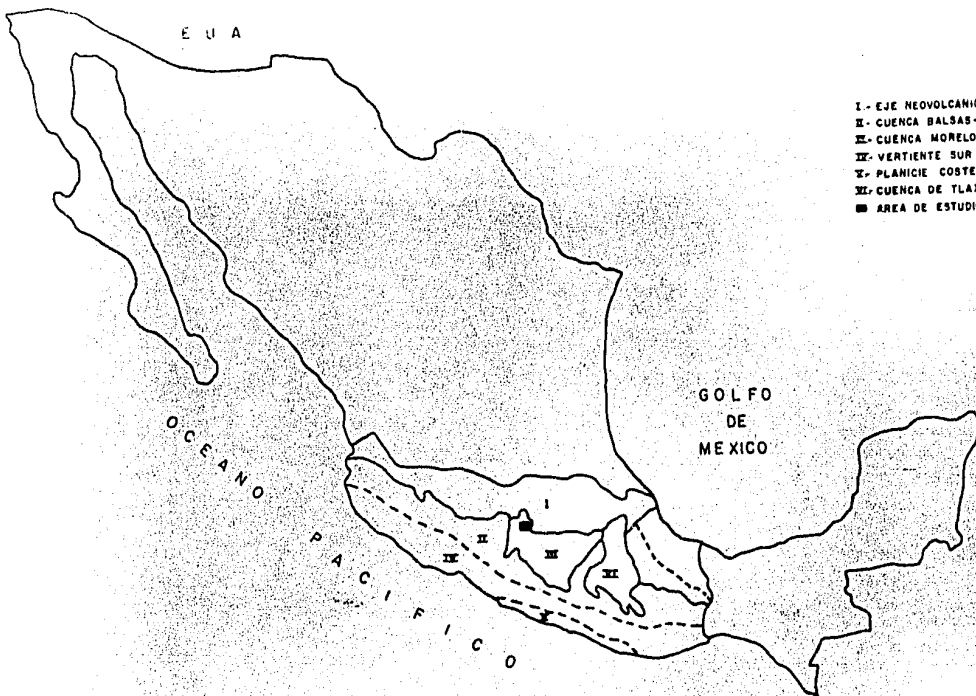
3.3. Fisiografía.

Fisiográficamente la región se sitúa en el borde norte-central de la cuenca del Río Balsas-Mexcala, subprovincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. En el fondo de esta cuenca, entre 300 y 600 m.s.n.m., fluyen los ríos Tepalcatepec-Balsas-Mexcala. Al sur de estos ríos el relieve se levanta gradualmente hasta el borde del altiplano de la Sierra Madre del Sur. Cuya altitud varía entre 1800 y 3050 m.s.n.m. (Fig. No. 3).

La cuenca tiene una estructura muy compleja. Los metasedimentos paleozoicos tienen diversas orientaciones locales. - Estos se encuentran sobreyacidos localmente por estratos marinos foliados del Cretácico en los alrededores de Chilpancingo, Gro. y por depósitos continentales terciarios. Aquí y allá se levantan edificios de volcanes extintos y muchas de las tierras altas al NW de Acapulco, Gro. están cubiertas por rocas volcánicas.

La cuenca se ensancha en dirección este y la sección Mexcala -Tlapaneco-Atoyac viene a ser un altiplano irregular disectado por los ríos más bien que una cuenca (E. Raisz, 1964).

El área de estudio se localiza también en el borde norte de la Provincia Geológica de la Cuenca de Morelos-Guerrero (López R., 1979), la cual coincide, en parte, con la Provincia -



- I - EJE NEVOLCANICO
- II - CUENCA BALSAS-MEXCALA
- III - CUENCA MORELOS-QUERRERO (PROV. GEOLOGICA)
- IV - VERTIENTE SUR
- V - PLANICIE COSTERA
- VI - CUENCA DE TLAXIACO (PROV. GEOLOGICA)
- AREA DE ESTUDIO



	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	
	VICTOR MONTES NAPOLES	FECHA 1984

Fisiográfica de la Cuenca Balsas-Mexcala.

3.3.1. Geomorfología

Las formas del terreno están determinadas por la constitución física de las rocas, resultando de ello los rasgos geomórficos que caracterizan a la región. Las rocas carbonatadas presentan cantiles o escarpes abruptos como en Azuláquez, o bien, formando lomeríos como en Tlanilpa. Las andesitas son las rocas que afloran a mayor altitud y cubriendo una gran superficie en el sector de Mamatla. Las riolitas afloran preferentemente al sur de Tlanilpa distribuidas discretamente, si bien a menor altitud, pero hacen las veces de parteaguas separando las corrientes que drenan los arroyos Huispa y Santiago, al Este y Poniente respectivamente.

Los metasedimentos tipo flysch de lutitas y areniscas, los cuales predominan en toda la comarca, corresponden a valles y cañadas profundas de fuertes pendientes; siendo, a su vez, las rocas más antiguas que afloran en la región.

Por lo que se observa, la región presenta por lo menos dos etapas de levantamiento, o bien, una etapa de rejuvenecimiento sobreimpuesta a un período de erosión anterior. En un corte transversal de los valles se puede observar el cambio brusco en sus vertientes o laderas, donde la forma de "V" ha sido labrada en los metasedimentos gracias a una erosión activa, resultando la forma de cañón en arroyos de cauce estrecho con saltos y cascadas.

El fenómeno de levantamiento se puede constatar en

el lecho del Río Balsas, el cual, en tiempos geológicos muy recientes estaba cortando activamente su curso hacia abajo, lo que se manifiesta por el nivel de sus almeares actuales que están varios metros debajo del nivel de los aluviones antiguos. (De Cserna, 1978).

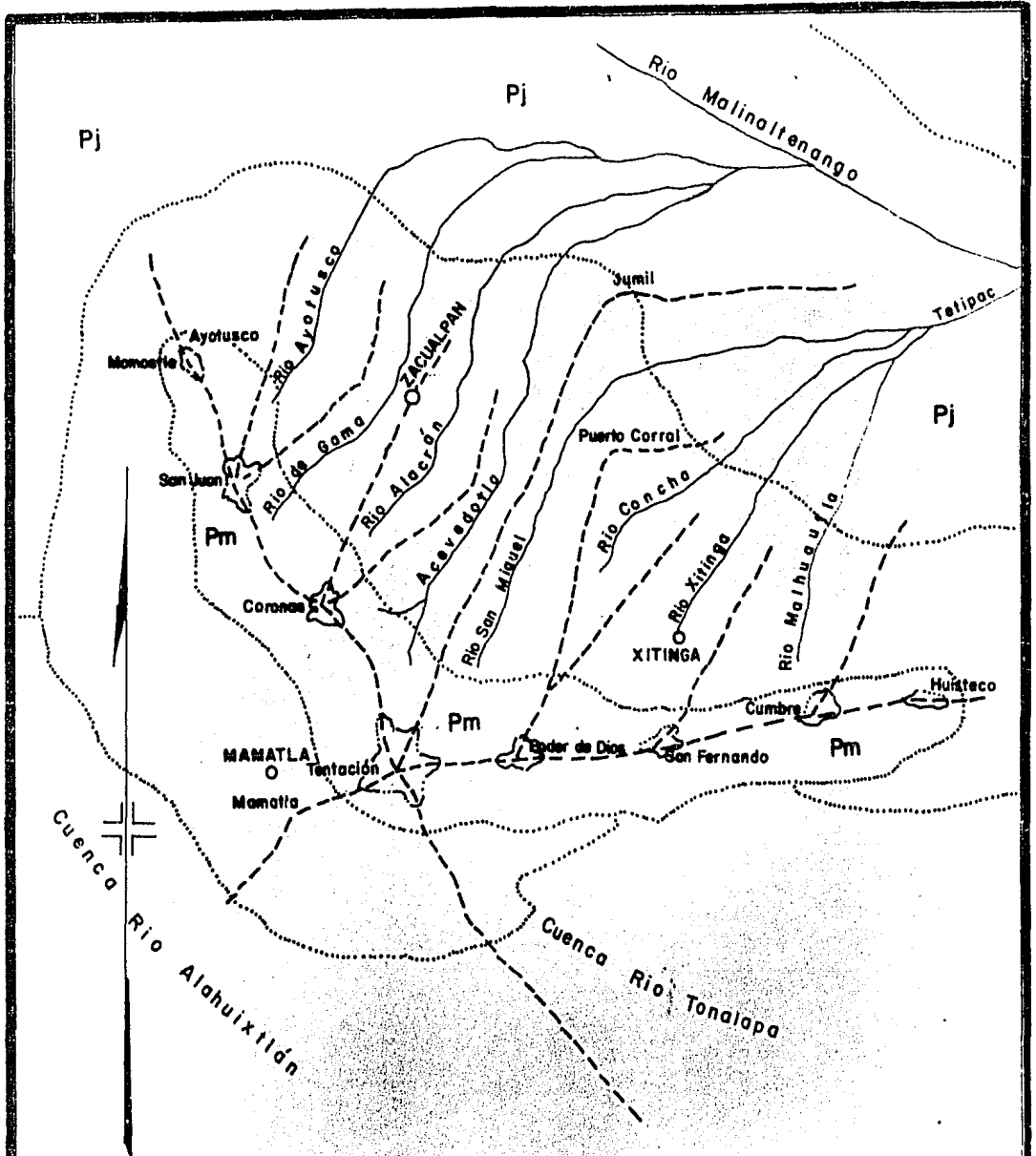
En general, la región presenta las características de un levantamiento rápido y breve; probablemente esto sea debido al emplazamiento de cuerpos intrusivos terciarios (De Cserna, op. cit.).

Por todo lo expuesto en los párrafos anteriores, geomorfológicamente la región se encuentra en una etapa de madurez temprana con rejuvenecimiento, donde las corrientes se hallan dispuestas en un sistema de drenaje bien integrado de tipo dendrítico.

3.3.2. Orografía.

Las elevaciones más importantes de la región se localizan en el sector central de la Hoja Pilcaya E-14-A-67 (DETE NAL), en donde se encuentra la mayor altitud correspondiente al Cerro de La Tentación (2,710 m.s.n.m.); la menor altitud es de aproximadamente 840 m.s.n.m. y se encuentra al nivel del Río Sul-tepec, el cual constituye la corriente más importante en la hoja. En general, el área presenta una topografía abrupta con desniveles del orden de los 1720 m.

De modo que, en el sector central se localiza la topografía, más joven, graduando transicionalmente hacia el poniente a una topografía más suave y menos abrupta. Esto se debe posi



- Pj Periodo Joven
- Periodo Erosivo
- Pm Periodo Maduro

UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL		
	DIAGRAMA	OROHIDROGRAFICO	
	ZONA	ZACUALPAN	
Obs. Ing. R. Robles R			
VICTOR MONIES NAPOLES		FECHA 1984	FIGURA 4

blemente a un levantamiento regional miocénico que ha elevado notablemente el terreno metamórfico en la zona comprendida entre San Pablo-Puerto Oscuro-Velixtla (Campa, 1977).

Siendo la eminencia topográfica más elevada el Cerro de La Tentación, de éste se desprende un parteaguas en dirección 25° NW, sinuoso y con alturas correspondientes a las eminencias de Coronas con 2,540 m.s.n.m., San Juan con 2,475, Mamostle con 2,540 y Ayotusco con 2,326 m.s.n.m. Por otra parte, al oriente del Cerro de La Tentación, pero fuera del área de estudio, se extiende otro parteaguas en dirección aproximada 80° NE, cuyas prominencias topográficas más altas son Cerro Alto, Poder de Dios, San Fernando, La Cumbre, y el Huizteco, éste último al Norte y cerca de Taxco (Fig. No. 4), Ramiro Robles (1937.)

3.3.3. Hidrografía.

Hidrográficamente la región forma parte de la cuenca del Río Balsas. Los arroyos más importantes y de aguas perennes son: Ixtayotla y su afluente el Arroyo Mamatla, el Techalotla, Huispa y Azuláquez. Los tres primeros desembocan en el Río Sultepec al poniente de la zona de estudio, y los dos últimos en el Arroyo de Los Sabinos. Siendo todos ellos, a su vez, tributarios del Río Balsas.

El sistema hidrográfico que predomina es el de tipo dendrítico, es decir que no se puede precisar un tipo de corriente específico, pues lo accidentado del terreno hace que varíe el rumbo y echado de la esquistosidad. Sin embargo, se puede hablar de

corrientes consecuentes y subsecuentes.

En términos generales, la relación que existe entre los accidentes tectónicos y la red hidrográfica, se advierte porque tanto el Río Balsas como sus afluentes vierten sus aguas en el Océano Pacífico, y sus cursos siguen el sistema de diaclasas y fallas activas de la zona: NW-SE, NE-SW y N-S principalmente (Campa, 1978).

4. GEOLOGIA

4.1.- Marco Geológico Regional.

La zona de trabajo queda comprendida en lo que Colorado (1979) ha denominado como "Cinturón Metamórfico (Mesozoico) del Sur de México". Desde el punto de vista estratigráfico, el área permanece aún sin definir, pues los diversos autores que han estudiado la región, le han asignado edades diferentes a la misma; mientras que Campa et. al. (1974) la sitúa en el Jurásico-Cretácico, de Cserna lo hace en el Paleozoico, denominado por él mismo - Paleozoico Metamórfico (de Cserna, 1978).

Asimismo, estas rocas estuvieron sometidas a distintas fases de deformación, las que a su vez, engendraron en aquellas distintas fases de metamorfismo (Parga 1981 y Elías, 1981); - motivo por el cual las rocas aludidas se encuentran actualmente bastante plegadas en algunas zonas, así como dislocadas y metamorfoseadas; resultando de ello que, el definir y precisar sus relaciones de campo y posición estratigráfica sea un tema de mucha actualidad, más aún, si como se ha hecho notar en diversos trabajos (Garza, - 1980 y 1982; Parga, 1981; Elías 1981; de Cserna, et. al., 1978; - entre otros), esta secuencia metamórfica ha dado muestras de contener interesantes concentraciones de sulfuros polimetálicos desde las costas del Pacífico en el Estado de Guerrero, hasta el Estado de México (Colorado, 1979; Parga, 1981 y Elías, 1981).

4.2. ESTRATIGRAFIA

4.2.1. Introducción.

Por conveniencia de estudio, se procede a describir por separado las secuencias litoestratigráficas de los sectores de Mamatla, Méx. y Tlanilpa, Guerrero. Esto se debe a que ambas secuencias son bastante diferentes y, la relación estratigráfica entre una y otra no fue posible definir.

Sin embargo, como se verá más adelante, no se descarta la posibilidad de que se trate de un cambio de facies, tanto en el sector de Tlanilpa como en el de Azulaquez, situado éste último inmediatamente al oriente del primero (ver plano anexo).

4.2.2. Mamatla, México.

4.2.2.1. Introducción

En este sector predomina una secuencia constituida por gruesos espesores de pizarras negras y meta-areniscas con abundante cuarzo alternantes en facies "flysch", predominando éste hacia la base de la secuencia; gradualmente, hacia la cima predominan las pizarras negras.

A través del espesor de esta secuencia se llegan a observar ocasionalmente diversos horizontes de lavas andesíticas, las cuales se vuelven predominantes hacia la cima, en donde se advierte que cambia notoriamente la litología. En esta parte se puede diferenciar un miembro constituido esencialmente por metalavas y metatobas andesíticas, pizarras de color claro y meta-areniscas

Arcillosas.

En las zonas más elevadas (camino Subestación - Coronas - Mamatla) se puede ver la coloración gris verde de las metalavas y metatobas, afectadas a su vez por una coloración en diversos tonos de rojo naranja, amarillo mostaza y pardo oscuro, debido a los efectos del intemperismo.

En lo que sigue se describe la estratigrafía del sector Mamatla, nombrando provisionalmente a las pizarras y meta-areniscas como Pizarras Techalotla y a las metalavas y metatobas andesíticas con pizarras y meta-areniscas como Metavolcánicas Coronas. (Fig. No. 5).

4.2.2.2. Pizarras Techalotla

a.- Distribución

Las Pizarras Techalotla constituyen el paquete de mayor espesor en la zona de Mamatla. Estas rocas afloran en gran extensión cubriendo aproximadamente el treinta por ciento de la superficie total del área de estudio; sus mejores afloramientos se pueden observar en el fondo de los Arroyos Techalotla, Mamatla e Ixtayotla.

b.- Litología y Espesor

Para citar a estas rocas se les ha dado convencionalmente el nombre de Pizarras Techalotla; sin embargo, se encuentran en alternancia con areniscas metamorfoseadas en facies "flysch". El espesor de estas areniscas no rebasa normalmente los 5 cm, aunque excepcionalmente se encuentran espesores más potentes,

llegando a medirse estratos de más de 1 m en el Arroyo Mamatla. La facies "flysch" predomina sustancialmente hacia la base de esta secuencia; por el contrario, hacia su cima las areniscas metamorfoseadas son menos frecuentes.

El espesor total de estas rocas no ha sido determinado; sin embargo, se piensa que no es menor de 800 - 1000 m. Esto en base a las observaciones de campo, donde no se ha llegado a descubrir su basamento y asumiendo la premisa de que su posición estratigráfica original no fue alterada, a pesar de la deformación y metamorfismo que presentan.

El aspecto megascópico de la pizarra es de color gris oscuro, de estructura compacta y foliada. El estudio petrográfico, hecho por el laboratorio de petrografía del Consejo de Recursos Minerales, reporta bandas regularmente orientadas de cuarzo alternando con minerales arcillosos, sericita, ferromagnesianos alterados, clorita, hematita y limonita, de la clase química pelítica; tuvo su origen debido a un metamorfismo regional y fue clasificada en la facies de esquistos verdes.

Por otra parte, se tomó una muestra correspondiente a la meta-arenisca y fue clasificada, en el mismo laboratorio - citado, como milonita, la mineralogía que describen está compuesta por cuarzo, feldespatos, ferromagnesianos alterados, clorita, sericita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

De este reporte se desprende la idea de que la secuencia estuvo sujeta a la acción de esfuerzos tangenciales en dirección paralela a la estratificación. Sin embargo, esto no es

concluyente, pues el estudio petrográfico corresponde a una sola muestra.

c.- Relaciones Estratigráficas

Las Pizarras Techalotla forman parte de lo que se conoce como la secuencia volcánico-sedimentaria metamorfoseada (Campa, et. al., 1974); su basamento no aflora en el área de estudio y aún se desconoce.* En la secuencia volcánico-sedimentaria estas rocas pasan primero a una alternancia de lavas andesíticas y pizarras interestratificadas, para convertirse finalmente en una secuencia de lavas y tobas andesíticas, con intervalos de pizarras y/o filitas de color claro y meta-areniscas mineralógicas y texturalmente inmaduras (a reserva de un estudio petrográfico, tentativamente estas areniscas se pueden clasificar como metagrau vacas).

4.4.4.3. Metavolcánicos Coronas.

a).- Distribución

Con este nombre se identificaron a las unidades litoestratigráficas (volcánicas y sedimentarias) que se encuentran en la cima (localmente) de la secuencia volcánico-sedimentaria (Campa, op. cit.), las cuales se pueden observar muy bien en los cortes del camino de revestimiento que conduce de Mamatla a Zacualpan.

Cabe hacer notar que los Metavolcánicos Coronas sobreyacen concordantemente a las Pizarras Techalotla, como quedó

* El último reporte que se tiene al respecto es que se encontró un pórfido andesítico-dacítico en el A. Techolotla subyaciendo a estas pizarras (Pérez-González, et. al., 1982)

señalado en las relaciones estratigráficas de dichas Pizarras.

Los Metavolcánicos Coronas se extienden ampliamente en la parte este de la zona de estudio, aunque predominan en mayor proporción las tobas y lavas andesíticas sobre los meta-sedimentos.

b).- Litología y Espesor

En todas las partes en que afloran los Metavolcánicos Coronas, siempre se encuentran bastante intemperizados. No obstante esto, se puede identificar muy bien una secuencia de metasedimentos interestratificados con metalavas.

Aunque en el momento no se tiene a la mano los estudios petrográficos respectivos, se puede afirmar, sin temor a equivocarse y basado en las propias observaciones de campo, que las rocas agrupadas con el nombre de "metalavas" consisten de lavas y tobas andesíticas; de igual forma, los metasedimentos consisten de filitas con un color predominantemente crema, y metagrauvacas.

En apoyo a lo anterior se pueden citar los trabajos de Campa (op. cit.), Victor Díaz (1977) y Colorado (1979).

En cuanto al espesor de los Metavolcánicos Coronas difícilmente se puede pensar que sobrepasen los 200 o 300 m., esto en base a las observaciones de campo.

c).- Relaciones Estratigráficas.

Se considera que tanto las Pizarras Techalotla

como los Metavolcánicos Coronas, guardan una relación concordante entre sí, pues no se llegó a observar entre ambas la traza de alguna superficie que indique lo contrario. Por consiguiente, la descripción que se ha hecho de los metasedimentos respectivamente, es de carácter meramente artificial.

En consecuencia, las relaciones estratigráficas de los metavolcánicos en el sector de Mamatla, consisten en que estas rocas forman parte de una secuencia única (Días, 1977) cuya posición estructural tentativa no está invertida y cuya litología varía de naturaleza arcillo-arenosa depositada en un medio de circulación restringida y escaso de oxígeno, a aquella de naturaleza volcánica sedimentaria con predominio de los volcánicos, considerado en este trabajo como Metavolcánicos Coronas.

Por otra parte, se desconoce si existen en el área de estudio otro tipo de rocas que esté sobreyaciendo a los multicitados metavolcánicos.

4.2.3. Tlanilpa, Guerrero

4.2.3.1. Introducción

El sector de Tlanilpa se localiza aproximadamente a 10 km al SW de Mamatla.

Los mejores afloramientos de las unidades litoestratigráficas se observaron en los cortes de los arroyos. De este modo se pudo reconocer una potente zona de pórfidos y piroclásticos andesíticos haciendo las veces de basamento, sobre el cual descansa una secuencia de pizarras y metacalizas, sobreyaci-

Calizas (relictos)

Metalavas y metatobas
andesíticas (ortoesquistos)

Metacalizas y pizarras

Caliza apizarrada

Pizarras negras

Andesita (?)

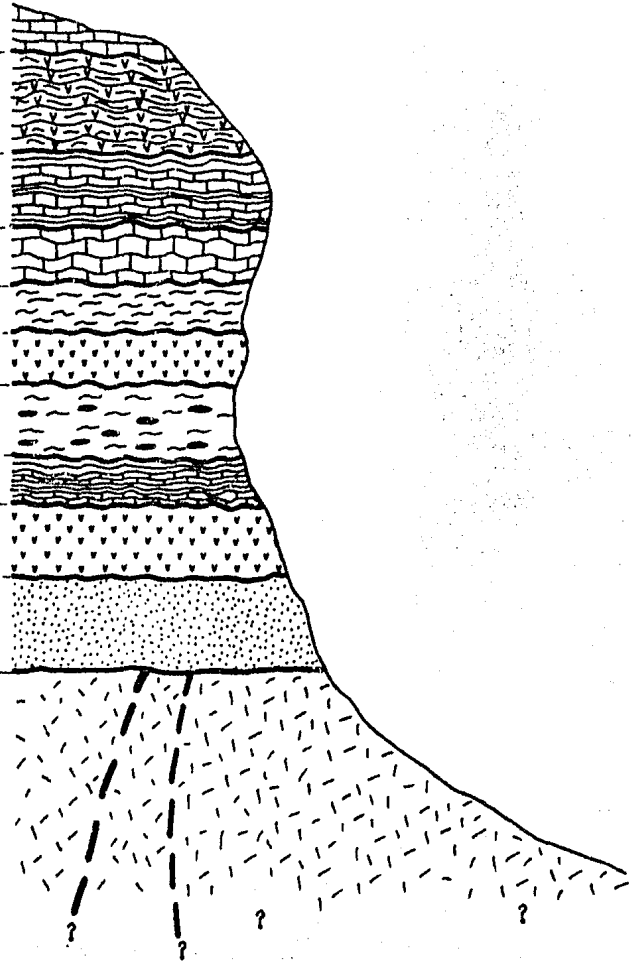
Pizarra calcárea con frag-
mentos de roca ígnea

Metacalizas y pizarras

Meta-andesita porfídica

Arcosa

Pórfido andesítico-dací-
tico y piroclásticos con
metamorfismo regional



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

UNAM

ESQUEMA ESTRATIGRAFICO
SECTOR TLANILPA, GRO.

VICTOR MONTES NAPOLES

1984

1984

das concordantemente por una posible metatoba andesítica, de estructura esquistosa y de color verde pálido.

En lo sucesivo se hará referencia a esta secuencia litoestratigráfica como los Metasedimentos Tlanilpa. (Fig. No. 6).

4.2.3.2. Metasedimentos Tlanilpa

a). Distribución

En general, la posición estructural de esta secuencia es sensiblemente horizontal y las unidades litoestratigráficas que mejor están expuestas en el fondo de los arroyos son los pórfidos y piroclásticos andesíticos. El área de afloramiento de las pizarras y metacalizas no es muy extensa, pues se restringe prácticamente a la localidad de Tlanilpa. Por el contrario, las metatobas andesíticas se extienden ampliamente desde los extremos oriente y norte del citado poblado hasta las cercanías de Mamatla. Debe hacerse notar que estas rocas muestran cierta variación en su composición, hecho que se puede observar en el trayecto del camino de Mamatla a Tlanilpa, donde se advierte un fuerte interperismo y oxidación dando lugar a áreas de caolinización.

b). Litología y Espesor

Como ya se mencionó en líneas anteriores, el basamento (?) de los Metasedimentos Tlanilpa lo constituye un cierto (?) espesor de rocas piroclásticas y pórfidos andesíticos.

Petrográficamente estas rocas fueron clasificadas como "milonitas" derivadas de piroclásticos y rocas hipabisales a partir de un dinamometamorfismo; esto, no obstante, no nece

sariamente invita a pensar en una zona de milonitización "sensu strictu" (Ing. Germán Arriaga, comunicación personal), para considerar la presencia de un alóctono. Sin embargo, tal estructura no sería remota, en vista de algunas evidencias que fueron reconocidas en la región por R. Mauvois (Dr. Colorado, comunicación personal).

La parte más baja que se reconoció, corresponde a la cota de 1300 m.s.n.m. y se localiza en el cauce del Arroyo - Santiago. Magacópicamente, las rocas que afloran en este arroyo son de color verde pálido, como casi todas aquellas que afloran en la región, de textura porfídica y estructura masiva, y es frecuente que muestre una fuerte silicificación acompañada por piritita.

Se desconoce la parte más baja en donde afloran estas rocas, sin embargo, se pudieron reconocer desde la cota de los 1300 hasta los 1578 m.s.n.m. aproximadamente. Se tomó una muestra de roca en la cota 1410 m.s.n.m. para estudio petrográfico, el cual la clasifica como milonita derivada de "rocas piroclásticas (?)" con dinamometamorfismo y contiene como constituyentes primarios: fragmentos de roca, cuarzo, feldespatos y titanita; como secundarios, epidota, clorita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

El espesor mínimo que se puede aducir para esta unidad litoestratigráfica, es de 278 m (reconocidos). Todo esto, tomado con las debidas reservas del caso, pues, para tener una idea más precisa de la amplitud de esta zona, se recomienda tomar

por lo menos unas cuatro o cinco muestras distribuidas discretamente.

El reconocimiento estratigráfico se continuó por el arroyo Paso del Sabino, afluente del Arroyo Santiago; de acuerdo a los estudios petrográficos respectivos, se identificó un porfido andesítico desde los 1578 a los 1616 m.s.n.m. aproximadamente, es decir con un espesor aproximado de 38 m. sobreyaciendo discordantemente a la unidad litoestratigráfica descrita líneas arriba.

En el afloramiento esta roca tiene estructura masiva compuesta por fragmentos redondeados y subredondeados de color oscuro, la matriz es de color verde claro y tenue, y se clasifica como una brecha tectónica de composición andesítica. Al microscopio esta roca contiene, en primer término, fragmentos de roca, cuarzo, y feldespatos, así como clacita, clorita, hematita, limonita y minerales arcillosos, y fue clasificada como "milonita" a partir de rocas "hipabisales" producto de un metamorfismo regional.

En lo sucesivo se continúa describiendo la columna litoestratigráfica que se reconoció en el Arroyo Paso del Sabino (ver plano).

Más o menos a partir de la altitud 1616 hasta la 1620 m.s.n.m., se observa una roca compuesta por fragmentos de roca ígnea redondeados y subredondeados de color verde oscuro contenidos en una matriz de color verde muy tenue; su estructura es compacta y masiva de textura porfídica donde se notan cuarzo y

feldespatos plagioclasas. Al microscopio esta roca presenta una textura cataclástica compuesta por fragmentos de roca, cuarzo, feldespatos, calcita, clorita, pirita, hematita, limonita y minerales arcillosos. Fue clasificada como milonita a partir de rocas hipabisales originada por metamorfismo regional; se le considera un espesor de 4 m.; aunque sus relaciones de campo no se precisaron, se considera que esta roca guarda una posición discordante entre las rocas infra y suprayacentes, así como una distribución muy local.

Encima de estas rocas hipabisales se reconoció una arenisca arcósica de 50 m de espesor aproximadamente; su color es gris verdoso, su estructura es masiva y compacta, y su textura porfídica donde se pueden observar feldespatos, clorita y óxidos. Al microscopio su textura es epiclástica-psamítica compuesta por fragmentos de roca, cuarzo, feldespatos y magnetita, así como por calcita, clorita, hematita, limonita, minerales arcillosos y pirita.

En posición discordante sobre la arcosa, se reconoció una roca compuesta por fragmentos andesíticos de color verde claro, incluidos en otra roca de color verde más oscuro de composición semejante; su estructura es masiva y compacta de textura porfídica. En la determinación petrográfica se le asigna una textura holocristalina porfídica alterada, con las plagioclasas oligoclasa y andesina como minerales esenciales; como accesorios se hallan ferromagnesianos alterados, apatita y magnetita; y como secundarios están presentes la calcita, epidota, sericita, hematita

ta, limonita y minerales arcillosos. Esta roca fue clasificada como una andesita porfídica alterada de origen extrusivo, con dinamometamorfismo. El espesor tentativo para esta unidad litoestratigráfica se estima en unos 10 m. aproximadamente.

Sobreyaciendo en discordancia litológica a esta andesita se encuentra una secuencia de pizarras y metacalizas, alternando con estratificación delgada; en estas rocas se puede observar una sensible inclinación en dirección NE con una intensidad de 15° - 20° y su espesor aproximado no sobrepasa los 8 m.

Encima de estas pizarras y metacalizas, se observa en relación concordante un horizonte de pizarra calcárea ésta contiene a su vez unos fragmentos de roca, entre los cuales algunos son redondeados y otros subredondeados, siempre dispuestos paralelamente a la foliación de la pizarra calcárea. Estos fragmentos aparentemente son de una roca ígnea de textura afanítica de color gris, con una fina diseminación de pirita. Magascópicamente esta pizarra tiene estructura compacta bandeada y es de color negro, con cuarzo y sericita como minerales visibles. Al microscopio su textura es esquistosa y se compone de calcita, cuarzo, feldespatos, pirita, hematita, limonita y minerales arcillosos; tuvo su origen a partir de un metamorfismo regional cuya intensidad se especifica en la facies de los esquistos verdes, así como también pertenece a la clase química pelítica. El espesor de esta unidad litoestratigráfica es de 10 m. aproximadamente.

Cubriendo a la pizarra calcárea, se encuentra una roca de color verde pálido al intemperismo y del mismo color

al fresco; es afanítica, sin embargo, se observan unos fragmentos (?) redondeados de color negro, de brillo vítreo, esparcidos en ella. El diámetro de estos fragmentos (?) varía entre 1 - 10 mm. Esta roca no se muestreó, no obstante, se piensa que su composición está entre intermedia y ácida; se le considera un espesor de 6 - 7 m.

Sobreyace a esta roca una pizarra negra, como de 4 m de espesor. Esta pizarra está cubierta, a su vez, por un paquete de metacalizas con foliación bien desarrollada, su color es gris oscuro y su estructura es compacta y esquistosa. Al microscopio su textura es cristalina y su mineralogía consiste en bandas orientadas de calcita, hematita, limonita y minerales arcillosos. Esta roca fue clasificada como una caliza apizarrada y en el campo se observa atravesada por abundantes vetillas de calcita en todas direcciones. En base a las observaciones de campo se le asigna un espesor de 34 m a esta unidad.

Las calizas apizarradas se encuentran cubiertas, a su vez, por pizarras y metacalizas en lechos muy delgados, en un espesor aproximado de 50 m.

Las rocas que se encuentran cubriendo a toda la secuencia descrita, son metalavas y metatobas andesíticas con una foliación secundaria bien desarrollada. Según las observaciones de campo y en base a la hoja topográfica de DETENAL (Pilcaya, E14 -A-67), a estas metalavas y metatobas se les puede asignar una potencia de 230 m. aproximadamente.

De este modo, a los Metasedimentos Tlanilpa se

les asigna un espesor total aproximado de 723 m. aproximadamente.

c). Relaciones Estratigráficas

Los Metasedimentos Tlanilpa descansan discordantemente sobre pórfidos y piroclásticos, ambos de composición andesítica. Sobreyacen a estos metasedimentos, metalavas y metatobas también andesíticas en posición concordante, las cuales guardan una relación tectónica continua con estos mismos metasedimentos - pues, se les observa aparentemente afectados en el mismo grado metamórfico. A este respecto Díaz (1977) observó un fenómeno semejante en el Arroyo Ayotusco, 20 km al Norte de Tlanilpa.

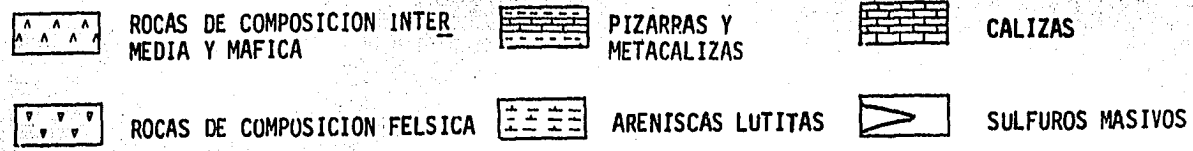
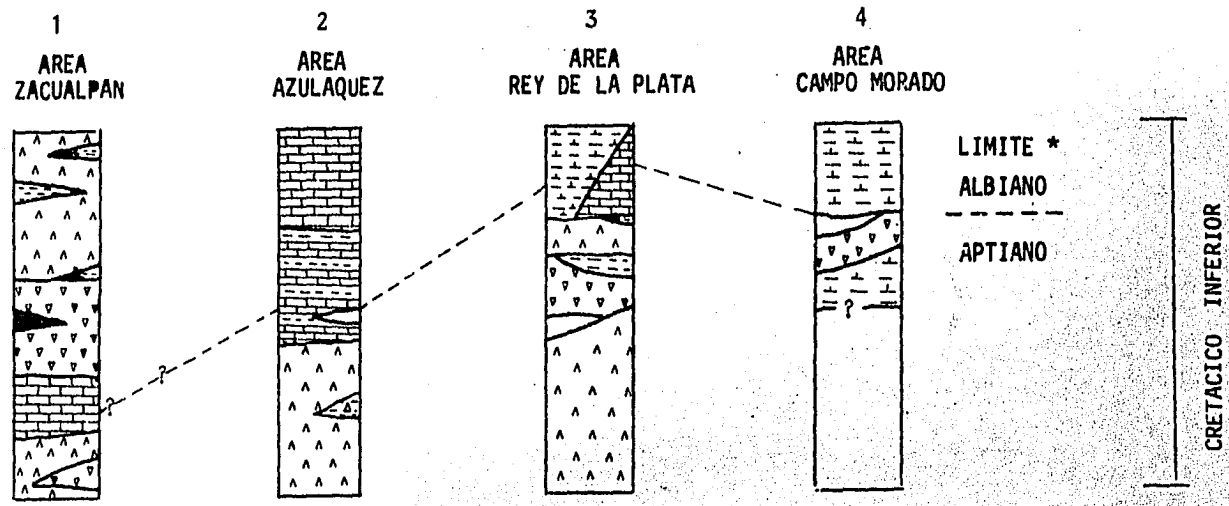
Es posible que los pórfidos y piroclásticos andesíticos estén haciendo las veces de basamento, no tan solo en el sector de Tlanilpa, sino también en Azulaques y Mamatla. Esto se ha confirmado por las observaciones de campo del presente autor y otros (Pérez González, et al, 1982; Urabe, 1982 y Espinosa, 1982).

En el sector de Azulaquez se observó esencialmente la misma secuencia litoestratigráfica, con una ligera variación en la presencia de metatobas ácidas y básicas, pues aparecen en un espesor mayor, y al Norte de este sector se observaron calizas fosilíferas sin metamorfismo, encima del miembro de pizarras y calizas de los Metasedimentos Tlanilpa; posiblemente dichas rocas corresponden a la parte inferior de la Formación Morelos (Albiano-Cenomaniano) (Pérez González, et. al., 1982)

Por otra parte, existe la posibilidad de que la

sucesión estratigráfica observada en Tlanilpa y Azuláquez, no sea más que un cambio de facies con respecto a la que se observó en el sector de Mamatla. Esta posibilidad se ve apoyada por la notable semejanza en las sucesión litoestratigráfica que se han estudiado en las localidades de Ayotusco, Zacualpan, Mamatla, Tlanilpa y Azulaquez (nombradas de norte a sur), todas presentan la característica de un basamento compuesto por lavas y tobas andesíticas, a veces con variaciones a tobas félsicas hacia la cima de dicho basamento, como en Azulaquez, Zacualpan y Manto Rico (Tlanilpa), (Pérez González, et al., 1982; Urabe, 1982; Espinosa Peréa, 1982 y Oropeza-Ortiz, 1983). Sobre este basamento se encuentran descansando pizarras negras carbonosas y calcáreas, las cuales hacia su base tienen la característica de estar en alternancia con meta-areniscas y además contienen lentes de cuarzo de segregación. Estas pizarras se han encontrado en relación concordante y transicional con el basamento, en el Arroyo Ayotusco (Díaz, 1977) y en Zacualpan (Oropeza-Ortiz, 1983) respectivamente, sin embargo también se han observado sobreyaciendo discordantemente al basamento en el Arroyo Techalotla y Tlanilpa (Pérez González, et al., 1981, 1982)

A este horizonte de pizarras se le han dado diferentes nombres como Formación Ayotusco (Díaz, 1977), Unidad Ayotusco (Oropeza Ortiz, 1983), y Pizarras Techalotla (en este trabajo). Por ser esta unidad litoestratigráfica la única perfectamente correlacionable, por ser continuo su depósito en toda la localidad, siendo predominantemente sedimentaria, es considerada



- 1.- SIMPLIFICADA DE B.N.A, CD. O., B.H.G., J.A.E. 1982
- 2.- SIMPLIFICADA DE B. NOGUEZ Y G. DE LA CAMPA 1978
- 3.- SIMPLIFICADA DE LUIS F. NOVELO Y J. G. FONS 1979
- 4.- REINTERPRETADA DE G.I. LURINCZI Y V.C. MIRANDA 1978

* LIMITES INTERPRETADOS EN BASE A FOSILES REPORTADOS PUR Z. DE CSERNA (1978)
 LORINCZI Y MIRANDA (1978) y M. MIRANDA (1974)

Modificada de Oropeza-Ortiz, 1983.

Fig. No. 7

como base para la correlación litoestratigráfica de las demás unidades. En contrándose concordante y trancisional a las unidades subyacente y suprayacente (Oropeza Ortiz, 1983).

Y como característica final de las distintas sucesiones estratigráficas descritas, se puede constatar una cubierta metavolcánica constituida por tobas, pizarras, lavas andesíticas y basálticas, y lahares de composición intermedia en el sector de Zacualpan, (Díaz, 1977). Este conjunto litológico varía de norte a sur, pasando por pizarras carbonosas con metatobas ácidas a intermedias, hasta quedar finalmente constituido por tobas andesíticas y riolíticas en el sector de Tlanilpa; sobreyacidas a su vez por calizas de color gris claro, estructura compacta veteadas y textura microcristalina. Estas calizas se presentan en áreas muy reducidas como remanentes y, según el estudio petrográfico, constan de un agregado de calcita microgranular (micrita) atravesada por vetillas de calcita espática, pellets e intraclastos diseminados dentro de la roca y se clasifican como una intramicrita según Folk, de origen sedimentario (Del Vecchio, 1978). (Ver Fig. No. 7).

4.2.4. Discusión.

El área de estudio está comprendida en una región mucho más extensa, la cual no ha quedado plenamente definida ni en su edad, ni en su posición estratigráfica, así como tampoco en su ambiente de depósito. Por este motivo, ha sido objeto de diversas especulaciones.

De este modo, Campa, et. al. (1974), a las unidades litoestratigráficas de esta región desde Teloloapan a Ixtapan de la Sal- les asignan el nombre de "Secuencia mesozoica volcánico sedimentaria de Ixtapan de la Sal", considerándolas como una secuencia única, constituida por una interestratificación de metasedimentos (filita, metagrauvascas, marmol cataclástico, cuarcita, metaconglomerado fino) con depósitos metavolcánicos (metatobas, y metalavas), cuyos contactos son evidentemente concordantes, y precisan la edad de dicha secuencia dentro de los límites Titoniano-Aptiano. Este dato lo obtuvieron en base a el hallazgo de amonitas índice del grupo de los berriasélidos y douvillicerátidos así como lamelibranquios y tintínidos en las filitas y metagrauvascas del área de teloloapan-Ixtapan de la Sal.

Cabe señalar que la unificación que hicieron Campa, et.al. (1974) de las unidades de la región, partió de los antecedentes planteados por Fries (1960); quien definió, por primera vez, a unas tobas riolíticas metamorfoseadas al grado de esquistos, con el nombre de Esquisto Taxco, cuyos afloramientos se localizan al oriente y sureste de la Ciudad de Taxco, Gro., sobre la carretera federal México-Taxco-Acapulco. A estos esquistos - Fries (1960) les asignó una edad Paleozoico Tardío considerando su menor grado de metamorfismo en relación a los complejos de Oaxaca y Xolapa de edad precámbrica y Paleozoico Inferior respectivamente. El Esquisto Taxco, está cubierto, a su vez, en discordancia angular, por la Roca Verde Taxco Viejo del Triásico -

Tardío (Fries, 1960); esta edad la obtuvo Fries por comparación con las Rocas Verdes de Zacatecas (Burchardt y Scaglia, 1906 - 1930).

Por su parte, de Cserna, et. al. (1974) consiguen fechar, por métodos radiométricos (Pb-alfa) la edad del Esquisto Taxco, al tomar una muestra de circones autigénicos; la edad de 1020 ± 110 m.a. se considera indicativa al tiempo de extrusión de la toba riolítica, que posteriormente sufrió metamorfismo. Sin embargo, Campa et.al. (1974), de un estudio petrográfico de la misma muestra utilizada por de Cserna, determinaron que se trata de circones detríticos, por lo tanto, la edad propuesta no corresponde a la roca que los contiene. Otro argumento importante de Campa et. al. (1974) al respecto, es que ellos pudieron observar las tobas riolíticas metamorfizadas interestratificadas y, en consecuencia, concordantes con los metavolcánicos de la Roca Verde Taxco Viejo. Por este motivo agruparon a todas estas rocas como una secuencia única (Campa, 1979).

Víctor Díaz (1977) propone el nombre de Formación Ayotusco, para unas pizarras y meta-areniscas interestratificadas que afloran en el Arroyo Ayotusco, 10 km al N de la población de Mamatala, Méx. Estos metasedimentos están cubiertos, a su vez, concordantemente por rocas metavolcánicas, constituídas en su base por tobas y pizarras negras, sobreyacidas por lahares de composición intermedia y corrientes lávicas interestratificadas andesíticas y basálticas; encima de las cuales se encuentran un lahar de gran espesor con interestratos pelíticos y menor cantidad de co-

rrientes lávicas andesíticas y basálticas (Díaz, 1977).

El mismo autor correlaciona a los metavolcánicos con la Formación Roca Verde Taxco Viejo y, concluye que las dos Formaciones Ayotusco y Roca Verde Taxco Viejo - constituyen una secuencia estratigráfica continua, considerando que el grado de metamorfismo es similar para las dos unidades y, además, existe paralelismo estructural entre ambos "ya que no se encontraron evidencias para suponer una discordancia o falla de desplazamiento considerable entre estas unidades" (Díaz, 1977). El espesor calculado tan sólo para estos metavolcánicos que fue de 800 m. (Díaz, 1977).

Sin embargo, Oropeza Ortiz (1983) no considera pertinente asignarle la categoría de Formación Ayotusco a las pizarras y meta-areniscas que afloran en el arroyo del mismo nombre, en vista de que Díaz (1977) "no hace mención de su localidad tipo y no cumple con los requisitos de la Comisión de Nomenclatura Estratigráfica"; no obstante, la toma como base para la correlación, litoestratigráfica (Unidad Ayotusco) por ser la única perfectamente correlacionable, porque su depósito es continuo en toda la localidad. Asimismo, la clasificación que adopta para las unidades litológicas en el sector de Zacualpan, es en base a la roca preexistente de acuerdo a términos descriptivos de campo, sin seguir la clasificación antigua de la región, por encontrar la descripción de las Formaciones-Esquisto Taxco y Roca Verde Taxco Viejo "con definiciones muy someras y poco claras, que conducen a errores considerables". De este modo, Oropeza Ortiz (op. cit.) reconoce ----

una secuencia volcano-sedimentaria, cuyas unidades litológicas - fueron ligeramente metamorfoseadas, tanto que preservan todas las texturas y estratificaciones originales, aun cuando se ha producido el conjunto de minerales de clorita, calcita y cuarzo, correspondientes a facies próximas a esquistos verdes.

Dichas unidades las denomina Unidad Inferior, - Unidad Ayotusco, Unidad de la Mina y Unidad Superior. Todos guardan una relación concordante y transicional entre sí. De la base a la cima, estas unidades consisten de tobas y lavas máficas con intercalaciones e interdigitaciones de tobas líticas, tobas félsicas, lutitas y tobas. Estas rocas pasan transicionalmente a lutitas carbonosas de la Unidad Ayotusco, las que a su vez, están cubiertas por tobas félsicas, tobas félsicas calcáreas, tobas líticas y lentes arcillosos de la Unidad de la Mina; llamada así - porque en estas rocas están emplazadas las obras mineras de Campana de Plata, S. A. La Unidad Superior está constituida por una alternancia de tobas y aglomerados máficos con lutitas y tobas areno-arcillosas. (Oropeza Ortiz (1983). En cuanto a la edad, el mismo autor asigna a esta secuencia al Cretácico Inferior basado en datos proporcionados por Noguez, Oropeza y Herrera (1982) y midió un espesor mayor de 2 600 m, sin conocer su basamento.

En general, casi todos los autores que han estudiado la región coinciden en la naturaleza volcano-sedimentaria - premetamórfica de la secuencia estratigráfica, así como en su ambiente de depósito, reductor con una circulación restringida de -

positada en un eugeosinclinal. Como se comenta al principio de esta discusión, el problema fundamental radica en definir su edad y posición estratigráfica, además de su ambiente de depósito, asociado bien a un arco de islas-mar marginal (Campa, et.al., 1977, 1978, Campa, 1979) en el cual está implícito el papel de una zona de subducción (Nieto Obregón, et.al., 1977, Ortega Gutierrez, -- 1981), o bien, ligado simplemente a una cuenca epicontinental (intracontinental) con características propias y muy independientes de las cuencas eugeosinclinales asociadas a zonas de subducción y arcos de islas (Colorado Liévano, 1979, 1980).

Estos problemas, asociados a la dificultad que presentan - en ocasiones - las unidades estratigráficas para ser cartografiables, ha dado pie a que se considere preliminarmente a la región como "Complejo Metamórfico Antiguo" (Nieto-Obregón, et. al., 1977), o bien con el nombre de Complejo "Tierra Caliente" ("Tierra Caliente Complex". Ortega-Gutiérrez, 1981).

Para el Complejo Metamórfico Antiguo (Taxco - Zitácuaro-Tlalpujahua), Nieto y asociados (1977) proponen la existencia de un basamento metamórfico Precámbrico-Greenvilliano (de Cserna et.al. 1974) compuesto por esquistos de sericita, pizarras negras carbonosas, pizarras calcáreas y rocas verdes asociadas, sobre el cual existe una secuencia eugeosinclinal levemente metamorfizada de edad Jurásico Superior y más joven.* Rocas calcáreas de estratificación gruesa, depositadas en ambiente de plataforma del Cretácico Inferior descansan sobre el complejo metamórfico en

* Otros autores propusieron una edad Triásico Superior (ver Nieto Obregón, et.al., 1977)

aparente discordancia tectónica (Nieto Obregón, et.al., 1977).

Recientemente, dos autores hicieron sendos estudios en áreas muy próximas entre sí; éstas se localizan aproximadamente 10 km al Norte de Tejupilco, Méx. y se han denominado - Area de Tizapa (Parga Pérez, 1981) y Area Almoloya de las Granadas San Lucas del Maíz (Elías Herrera, 1981). Estos autores, a diferencia de los anteriores discutidos aquí, postulan una edad Paleozoico Tardío para unas rocas metamórficas de naturaleza volcano-sedimentaria, basados únicamente en su posición estratigráfico-estructural y su grado de deformación y de metamorfismo. Dicha secuencia descansa discordantemente sobre un basamento granítico - (augengneis de biotita) y el espesor medido fue de 2500 m y 2700 m en Almoloya y Tizapa respectivamente (Parga Pérez, 1981 y Elías Herrera, 1981).

A pesar de los intentos que se han hecho para correlacionar las distintas columnas estratigráficas de la región de Tierra Caliente, Estados de Guerrero y México, (Campa et.al., 1974, 1977, 1978; Campa, 1979; Nieto Obregón et.al., 1977 y Ortega Gutiérrez, 1981), Parga Pérez (1981) y Elías Herrera (1981) - piensan que, no obstante el que la naturaleza volcano-sedimentaria es evidente en dicha región, su continuidad o correlación con otras rocas no ha sido claramente demostrada. "Sin embargo, parece razonable considerar cierta contemporaneidad de la extrusión del protolito del Esquistos Taxco (Toba riolítica) y el vulcanismo félsico que representa la Metafelsita La Pila que aflora desde las cercanías de Tejupilco hasta el área de Tizapa" (Parga Pérez, 1981).

Para Elías Herrera (1981), el ambiente de depósito de las rocas metamórficas que afloran en el área de Almoloya-San Lucas, fue seguramente reductor en un mar somero cercano a la línea de costa, y que, en términos paleogeográficos, sugiere la existencia de un mar marginal asociado a un margen continental con influencia de un arco volcánico. Sin embargo, este autor piensa que no existen pruebas concluyentes para postular una zona de subducción asociada a la placa Paleo-Pacífica (?), durante el Paleozoico Tardío - Mesozoico Temprano: " ... hasta ahora, no se han reportado en toda la región sur de México y en dicho período, esquistos de glaucófano (esquistos azules) que puedan indicar antiguas zonas de subducción (Coleman, 1972) de esa edad; menos aún se pueden llegar a definir en la región, fajas metamórficas de alta y baja presión (paired metamorphic belts) que sugieran un sistema de arco-trinchera tan características en la región circumpacífica (Miyashiro, 1961). Por eso es muy difícil decir si la evolución tectónica de la secuencia estudiada tiene alguna relación con la apertura del Atlántico, o bien, si está asociada únicamente a la tectónica del Pacífico" (Elías Herrera, 1981).

Analizando el Complejo Metamórfico Antiguo desde el punto de vista económico, Nieto Obregón, et.al., (1977), apoyándose en Large (1977), le confieren mucha importancia para la prospección de sulfuros masivos independientemente de su edad. Puesto que de cualquier manera, las secuencias que componen dicho complejo, "corresponden con toda seguridad a ambientes eugeosinclinales deformados y metamorfoseados a causa de la subducción de

una placa oceánica pacífica (?) debajo de un elemento sílico o -
placa continental" (Nieto Obregón, et.al., 1977).

Finalmente, en apoyo a la opinión del párrafo -
anterior, se citan a continuación los conceptos con que define y
precisa el Complejo Tierra Caliente Ortega Gutiérrez (1981). Este
autor define a dicho complejo como aquellas rocas metamórficas ex
puestas principalmente en las vertientes sur de la Cuenca del Rio
Balsas y más allá de los límites sur de la Faja Volcánica Transme
xicana. Asimismo, señala como características del Complejo, la -
abundancia de rocas volcánicas silíceas y andesíticas, grauvacas
y pizarras negras, metamorfismo de tipo bórico, deformación inten
sa en varias fases y una edad muy probablemente del Mesozoico. -
Estos rasgos sugieren fuertemente, si no es que lo demuestran, -
sus afinidades a la tectónica del Pacífico (Ortega Gutiérrez, 1981).
Considera el mismo autor que estas características están presentes
también en el sur de México, en Ixcuinatoyac, Guerrero (Kleese, -
1968), Petatlán, Guerrero (de Cserna, et.al., 1978), Arteaga, Mi-
choacán (Múgica, 1980) y Tzitzio-Huetamo, Michoacán (Mauvois et.-
al., 1976).

Durante el Mesozoico, el registro de rocas cris
talinas muestra una posición tectónica (p.e. Pacífico) completa-
mente diferente del sur de México. Los complejos Xolapa y Tierra
Caliente todavía sin fechar, pero muy probablemente Mesozoicos, -
representan una sedimentación clástica inmadura, un volcanismo -
calco-alcalino contemporáneo y regímenes metamórficos diferentes,
típicos de los cinturones orogénicos circumpacíficos, el origen -
de los cuales está ligado a la continua y predominante subducción

del piso oceánico pacífico, en dirección este, debajo del continente americano (Ortega Gutierrez, 1981).

Finalmente, el autor precitado concluye que, los datos más bien desparramados del Complejo Tierra Caliente representan un terreno orogénico compuesto, cuya evolución tectono-térmica se inició probablemente en la mitad superior del Paleozoico y continuó muy adentro en el Cretácico.

Es evidente, como se ha visto en esta breve exposición, que varían mucho las edades asignadas a las unidades litostratigráficas de la región, desde el Precámbrico tardío hasta el Jurásico Superior. Igualmente, su concepción paleogeográfica todavía está sujeta a discusión; no obstante, se observa una clara tendencia a darle un papel preponderante a la tectónica de placas.

Por todo lo expuesto, el autor del presente trabajo es de la opinión de que, para llegar a comprender más claramente su posición estratigráfica, distribución, edad, ambiente de depósito y por consiguiente, su evolución a través del tiempo geológico; es necesario obtener mayor cantidad de fechas radiométricas, así como estudios de mayor precisión tendientes a definir los cambios de facies y su paleogeografía porque, de acuerdo con las opiniones externadas por Nieto Obregón, et.al., (1977) y Urabe (1982) toda la secuencia volcano-sedimentaria metamorfoseada es favorable para la prospección de sulfuros masivos, independientemente de la edad, o edades asignadas a ella.

Particularmente se piensa que el área Mamatla-Tlanilpa-Azuláquez, se depositó en un ambiente de tipo eugeosin--clinal, con vulcanismo asociado, en general de composición intermedia al principio, variando a composición ácida.

En cuanto a su edad, debido a la falta de datos suficientes para externar una opinión más precisa, sólo es posible considerarla como Pre-Cretácico Tardío, gracias a que esta secuencia, como se comentó anteriormente, se encuentra discordantemente por calizas de plataforma correlacionables con la Formación Morelos. Recientemente, Urabe (1982) realizó un estudio en esta zona y le asignó una edad del Cretácico Temprano.

4.3. Tectónica

En el marco de la Geología Estructural, el área de estudio presenta un interés muy particular. Esto se debe a que las unidades litológicas guardan una relación muy estrecha con las zonas de mineralización tanto para depósitos del tipo singenético como epigenético. En el primer caso los depósitos consisten de sulfuros masivos vulcanogénicos y, en segundo término, los depósitos en filones alcanzan su máximo desarrollo en las fisuras de rocas andesíticas.

En este capítulo se hace una descripción acerca de los rasgos estructurales mas sobresalientes como son las fracturas, pliegues, esquistosidad y pliegues en la esquistosidad, estructuras en "boudinage", así como de la tendencia regional en la dirección de las fracturas, fallas y vetas asociadas.

Asimismo, se hacen algunas consideraciones de carácter tectónico con respecto a las deformaciones de las unidades litológicas y al metamorfismo regional que las afectó.

Se concluye con la exposición de algunas hipótesis más recientes de la Tectónica de Placas, que pueden explicar el origen de muchos yacimientos metalíferos en el Occidente de México, asociados a la evolución geodinámica del Continente Norteamericano.

4.3.1. Fallas y Fracturas.

En general, las fallas y fracturas de la región se presentan en todas direcciones. Se puede ver en el plano adjunto que las fracturas de mayor longitud son más frecuentes en

la dirección suroeste-noreste; no obstante, a nivel regional predominan las fallas y fracturas en dirección noroeste-sureste. Las vetas guardan un rumbo general también en esta última dirección; entre las que se pueden mencionar están las Minas Sara, Santiago, El Cobre, El Zapote, Huitecozco y San Enrique. Algunas de las cuales se reconocieron como vetas-falla; todas tienen una inclinación en dirección suroeste y su magnitud nunca es menor de 50 grados -- (variable entre 50 y 85 grados), excepto la Veta El Cobre (45 grados). Por estos datos se infiere que se trata de fallas normales, a través de cuyas fisuras ascendieron las soluciones mineralizantes del Terciario (Gabelman, 1968).

Ojeda Rivera (1953) asevera que en Zacualpan la mineralización está controlada por fracturas dominantes en dirección noroeste-sureste y que el sistema este-oeste no está mineralizado. Por el contrario, E. Gutiérrez (1973) señala a las fracturas norte-sur como las más importantes para considerarlas como excelentes guías estructurales en el Distrito de Zacualpan, Méx. (10 km al norte) ya que son las de mayor extensión y en donde se encuentran alojadas las vetas de mayor potencia y persistencia, así como los valores más altos.

Entre los estudios más recientes que se han hecho en el Distrito Minero de Zacualpan, Méx., se encuentra el de Oropeza Ortiz (1983). Este autor identifica tres sistemas de vetas-falla en dirección noreste-suroeste, norte-sur y noroeste-sureste respectivamente: "Las primeras son estructuras conjugadas -

de poca potencia (locales, con espesores de 0.20 a 1.50 m), pero de alta ley; p.e. vetas Milton y San Diego, Santa Rosa y La Rata, que corren paralelas entres si. Cortando a estas vetas están las de rumbo Norte-Sur, las cuales son vetas de extensión (de fisura), estas varían de 0.20 a 2.0 m. con longitudes locales; los valores de mena son altos pero de poco tonelaje, p.e. las vetas Trinidad, Orilla Alta, Veta Prieta, El naranjo Providencia, Esperanza, San Adrián, San Margarito, etc.

"Por último, las estructuras de rumbo Noroeste-Sureste son de tipo regional, de más de 4 Km. de longitud (Veta - Lipton) y con anchos que van de 1 a 6 m; su inclinación es en general al Noreste, con intensidades de 60 grados hasta algunas veces vertical. Son las más jóvenes por su edad relativa, ya que cortan a los dos sistemas anteriores; contienen gran tonelaje con baja ley. Se considera que son producidas por fallamiento antitético, como ejemplo están las vetas Lipton, Liptonia, La Movida, - Veta Negra, El Moral, San Felipe, Chontalpan, etc." (Oropeza Ortiz, 1983). Este autor también comenta que la inclinación principal de las vetas-falla es de 70 grados, aunque varían desde verticales hasta los 55 grados.

Como se puede ver, existe discrepancia entre - cual sistema vetas-falla es el más importante, el que tiene dirección Noroeste-Sureste o el Norte-Sur. El presente autor se inclina por el primero porque lo respalda un estudio muy reciente y - con mucho detalle; además, coincide con el patrón estructural a - nivel regional que comprende los distritos mineros de El Oro-Tlal

pujahua, Ixtapan del Oro, Temascaltepec, Sultepec y Teloloapan - (Nieto Obregón, et. al., 1977).

Por otra parte, un papel importante ha jugado el emplazamiento de plutones, los cuales, a su vez, seguramente aportaron gran parte de las soluciones hidrotermales que invadieron las fracturas, previamente formadas por ellos mismos, para formar los sistemas de vetas. A este respecto es necesario reconocer el papel de los horizontes más plásticos en relación con el desarrollo de fallas y fracturas.

Los yacimientos en vetas más importantes de la región se hallan alojados en andesitas. Esto se puede explicar hipotéticamente como resultado del emplazamiento de grandes plutones, los que, al ejercer una presión en dirección vertical, provocaron el fracturamiento y fallamiento subsecuente de los cuerpos más rígidos y competentes como son las andesitas. Por el contrario los horizontes más plásticos como las pizarras, sólo se deforman adquiriendo la configuración superficial del plutón que las intrusiónó. Evidentemente, estos horizontes plásticos, en ocasiones cedieron por ruptura, para dar paso a las soluciones mineralizantes que llegaron a ocupar las fracturas previamente formadas. De acuerdo a este fenómeno es natural que halla tenido lugar la formación de fallas normales con inclinación variable entre 45 y 85 grados como se mencionó anteriormente.

4.3.2 Fases de Deformación y Discusión.

Se observaron algunas estructuras que evidencian los efectos de varias fases de deformación. Este fenómeno se puede

constatar en el plegamiento de la foliación secundaria, tanto en las metalavas andesíticas como en las pizarras negras que afloran en la localidad de Mamatla, Méx., y conocidas en este trabajo como Pizarras Techalotla.

Actualmente, no se conocen con precisión los distintos eventos tectónicos que tuvieron lugar en la región, y tampoco la sucesión de los mismos; sin embargo, diversos autores han realizado algunos estudios geológicos, en donde postulan cada uno de ellos por lo menos tres fases de deformación. No obstante, el mayor desacuerdo entre los mismos, radica en las edades asignadas a cada una de las deformaciones como se ve a continuación:

A una primera fase de deformación D_1 , Campa (1978) y Colorado (1979), le asignan una edad del Cenomaniano y Albiano respectivamente, que plegó y folió a la secuencia volcano-sedimentaria depositada hasta el Albiano (Campa, op. cit.); además, estuvo acompañada por un metamorfismo regional de bajo grado (Colorado, op. cit.). La segunda fase de deformación ocurre, según Campa -- (op. cit.), durante el Paleoceno y es responsable de grandes pliegues anticlinales y sinclinales en la región de Huetamo, Mich., así como de anticlinorios y sinclinorios en la región de Taxco, Iguala; según Colorado (op. cit.), esta fase sucede en una edad prepaleocena (?) y está representada por una esquistosidad de fractura (S_2) de tipo "strain slip cleavage" (desplazamiento de foliación) en planos paralelos subverticales, produciendo movimientos tangenciales como la cabalgadura de Santa Rosa, Méx. La tercera fase de deformación se manifiesta por pliegues muy grandes

del orden de kilómetros con los ejes orientados en dirección Norte-Sur, durante el Paleoceno (Colorado, op. cit.); esta fase también es la responsable de levantamientos regionales notables, en la región de Tierra Caliente, como aquellos de San Pablo-Puerto Oscuro-Velixtla y Valle de Bravo, Tejupilco y Huitzuco (Campa, op. cit.); para esta autora esta fase corresponde al Mioceno.

Asimismo, Parga Pérez (1981) y Elías Herrera (1981) han reconocido tres fases de deformación en áreas muy próximas entre sí, Tizapa y Almoloya de las Granadas-San Lucas del Maíz, éstas se localizan aproximadamente a 60 Km al Noroeste de la presente zona de trabajo. Estos estudios difieren de los de Campa (op. cit.) y Colorado (op.cit.) en que fueron hechos con geología a detalle.

De este modo, Parga Pérez (op. cit.) y Elías Herrera (op. cit.), identificaron una primera deformación D_1 caracterizada por una foliación axial penetrante S_1 del tipo de "foliación del plano axial" (paralela a los planos axiales de los pliegues P_1), asociado a un plegamiento isoclinal. Esta foliación es generalmente paralela a la estratificación (S_0), ya que generalmente los contactos litológicos son paralelos con la foliación. La segunda deformación D_2 plegó a la foliación S_1 en pliegues angulares asimétricos en estructuras microscópicas y mesoscópicas abundantes, y produjo localmente una esquistosidad de fractura o crucero plizante S_2 . La tercera deformación está definida por un plegamiento regional, representado por un anticlinal que buza 10° en dirección 42° Noroeste, en Tizapa; y en Almoloya de las Gra

Granadas - San Lucas del Maíz, esta deformación se manifiesta por un anticlinal suave, doblemente buzante, con flancos normales y - en dirección 45° NW. Igualmente, la deformación D_3 se caracteriza por una considerable cantidad de sobrecorrimientos con truncamiento de micro y mesoestructuras y desplazamientos de decenas de metros con ángulos de inclinación que varían de 0 a 30 grados, en Almoloya de las Granadas - San Lucas del Maíz; en Tizapa, esta deformación se caracteriza también por fallas inversas con deslizamientos hacia el Este y una serie de pliegues de crestas redondeadas, generalmente recostados hacia el noroeste con intenso fracturamiento asociado que representa un crucero de fractura muy incipiente así como pliegues de charnelas angulosas subsoclinales. (Parga Pérez, 1981; Elías Herrera, 1981).

Otra diferencia muy significativa entre los estudios de Parga (op. cit.) y Elías (op. cit.) con los de Campa - (op. cit.) y Colorado (op. cit.), radica en las edades asignadas a las tres fases de deformación; ambos autores, Parga y Elías, consideran la edad de la secuencia premetamórfica como del Paleozoico Tardío, de este modo, la primera deformación tuvo lugar durante el Pérmico Tardío-Triásico Medio; la segunda, durante el Jurásico Medio Jurásico Tardío. La tercera deformación, estos autores la asignan al período Cretácico Tardío-Terciario Temprano, que correspondería a la Orogenia Hidalguense (de Cserna, 1958, en Parga - 1981).

Finalmente, Ortega (1981) señala que, "probablemente el hecho más importante acerca de la geometría estructural

del complejo "Tierra Caliente" es la prevalecencia de las inclinaciones de bajo ángulo de su foliación regional. Esto sugiere fuertemente la existencia de pliegues recumbentes a gran escala o napas correspondientes al primero y segundo episodios de deformación" (Ortega, op. cit.) este autor se refiere también a la dirección del transporte tectónico o polaridad y dice que, si bien es importante para entender la historia tectónica del complejo "Tierra Caliente", todavía no ha sido determinada.

Como se puede ver, los cuatro autores citados coinciden en que han tenido lugar por lo menos tres períodos de deformación en la región del complejo metamórfico de Tierra Caliente. Sin embargo, la disparidad en cuanto a las edades de las mismas es evidente. Comoquiera que sea, existe por lo menos un medio para poder conocer un período de tiempo en el cual se puede hablar de fases post-orogénicas, esta es posible gracias a la amplia distribución que tiene la Formación Balsas en la región de Tierra Caliente:

La tectónica distensiva que tuvo lugar inmediatamente después de la tercera deformación postulada por Parga (op. cit.) y Elías (op. cit.) "posiblemente queda comprendida entre el Eoceno y el Mioceno, ya que afecta al plegamiento regional originado por la deformación D₃ durante el Cretácico Tardío -Terciario Temprano" (Parga op. cit.) En este período tuvo lugar el depósito de la Formación Balsas (Eoceno-Oligoceno) como sedimentos "molasse" continentales provenientes de la destrucción de las estructuras laramídicas resultantes, constituida por con

glomerados, areniscas y lutitas rojas; los clastos de los conglomerados son de origen volcánico indicando que durante la acumulación de esta Formación, en varios sitios prevaleció la actividad volcánica penecontemporánea, que es un rasgo característico de las secuencias continentales acumuladas bajo condiciones tafrogénicas (Colorado, op. cit. y de Cserna, 1978).

Por su parte, Campa (op. cit.) sitúa el inicio de la Tectónica distensiva a partir del Mioceno Superior, la que, a su vez, marca el fin de lo que ella indica como la Tercera Fase comprensional durante el Mioceno, caracterizada por un levantamiento regional, acompañado por una red de fallas muy densa y que atraviesa el continente en grandes horsts (Sierra Madre Occidental) - y grabens donde el más característico en la región es el Valle de Ixtapan de la sal. (Campa op. cit.).

4.3.3. Metamorfismo y Grado Metamórfico

Los estudios petrográficos proporcionados por el laboratorio de petrografía del Consejo de Recursos Minerales, han determinado que la secuencia premetamórfica del área Mamatlatlanilpa, estuvo sometida a un metamorfismo regional de bajo grado, equivalente a la facies de esquistos verdes. Aproximadamente 10 - km al Norte de esta zona, en el Arroyo Ayotuzco, Díaz García (1977) también reporta un metamorfismo regional de bajo grado, que afectó a una secuencia volcánico-sedimentaria en la región de Zacualpan, Méx.; este autor especifica que el grado de metamorfismo pertenece a la facies de esquistos verdes, subfacies cuarzo-albita-moscovita-clorita y localmente quizás a la de prehnita-pumpellita; así

mismo, dice que el metamorfismo es regional dinámico, producto de diversas deformaciones que se sucedieron tal vez desde el Paleozoico hasta fines del Mesozoico.

Por otra parte, Ortega Gutiérrez (1981) en su estudio que hace de los "Cinturones Metamórficos del Sur de México y su importancia tectónica", dice que la evolución metamórfica de los niveles estructurales más bajos del complejo "Tierra Caliente", es politectónico y señala que el estudio detallado de Helias Herrera (1981) demostró los efectos de cuatro fases de intenso metamorfismo, el tercero de los cuales alcanzó la facies de anfibolita bajo condiciones estáticas. Las dos fases más tempranas fueron sintectónicas con un intenso plegamiento isoclinal (ver fases de deformación en este mismo capítulo), y en la facies de esquistos verdes. La cuarta fase fue retrogresiva (Ortega Gutierrez, - 1981).

En contra a la opinión de Elías Herrera (op. cit.) y Ortega Gutiérrez (op. cit.), Parga Pérez (op. cit.) considera que el metamorfismo que alcanzó la parte baja de la facies de anfibolita, corresponde al primer evento metamórfico sintectónico con la primera deformación y estima que se desarrolló a una temperatura entre 500 y 550°C, presión alrededor de 2 kb, bajo una cubierta litológica de aproximadamente 7500 m y un gradiente geotérmico alto, del orden de 70 °C/km, típico de terrenos de baja presión/alta temperatura.

Finalmente, Ortega Gutiérrez (op. cit.) comenta que, no obstante que el grado de metamorfismo de estas rocas,

generalmente ha sido establecido en la zona de la clorita, de la facies de esquistos verdes y localmente en la facies prehnita-pumpellita, el reciente descubrimiento de rocas de la facies de anfibolita, entre Tejupilco y Zacazonapan en el Edo. de México por Elías Herrera (op. cit.) y Parga Pérez (op. cit.), permitió por primera vez la caracterización pretectónica local del metamorfismo regional u orogénico de tipo bórico que afectó al complejo "Tierra Caliente".

Asimismo, Ortega Gutiérrez (op. cit.) señala que la presencia de cordierita y la rápida sucesión de isogradas en el área Tejupilco-Zacazonapan, sugiere un alto gradiente geotérmico típico de los cinturones de baja presión/alta temperatura. Por otra parte, considera que la presencia de los minerales phenigita y pumpellita, reportados por Díaz García (en prensa) y el reciente encuentro de piedmontita y estilpnomelano (?) por él mismo en la Roca Verde Taxco Viejo, sugieren, al mismo tiempo, la existencia de rocas afectadas por un metamorfismo de alta presión/baja temperatura, relacionado probablemente a un régimen tectónico de subducción, contemporáneo con el magmatismo de arco (de islas) y la sedimentación que representa gran parte del complejo "Tierra Caliente".

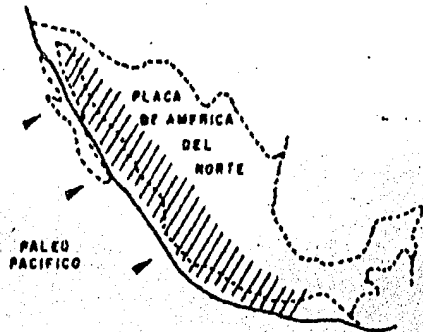
4.3.4. El papel de la Tectónica de Placas

Como se puede observar en el desarrollo del presente trabajo la hipótesis que se acepta generalmente para explicar el origen de la secuencia premetamórfica, del complejo "Tierra Caliente", consiste en asignarle un papel preponderante

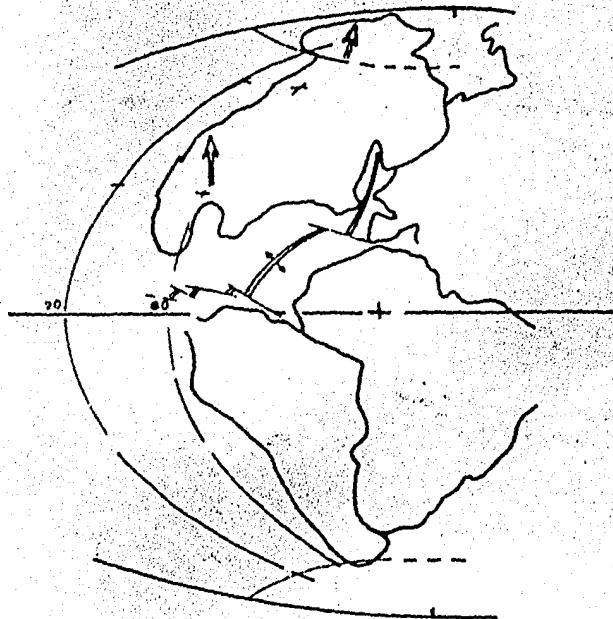
a la Tectónica de Placas. Tanto desde el punto de vista estratigráfico como tectónico, siempre se ha caído en la clásica asociación arco de islas-mar marginal (Esquisto Taxco y litologías relacionadas) o bien, a la asociación océano-trinchera (Roca Verde - Taxco Viejo) (Ortega Gutiérrez, op. cit.).

Aparentemente, existe un acuerdo tácito para explicar el origen de la secuencia volcánico-sedimentaria, bajo un régimen tectónico debido a la subducción de la placa paleopacífica debajo del continente norteamericano (Nieto O., et al, op. cit.; Elías H., op. cit.; Ortega G. op. cit.; Demant, et al, 1976). No obstante, el período en que fue afectada dicha secuencia por el metamorfismo dinamotérmico, aún no ha sido precisado. A este respecto, se puede citar a Elías Herrera, (op. cit.) quien sostiene que, hasta la fecha no se han reportado en todo el Sur de México durante el Paleozoico Tardío-Mesozoico Temprano, esquistos de glaucófano (esquisto azules) que puedan indicar antiguas zonas de subducción; asimismo, piensa que tampoco se pueden definir fajas metamórficas de alta y baja presión que sugieran un sistema de arco-trinchera tan característico en la región circumpacífica. En base a todo ello, Elías Herrera (op. cit.) concluye que es muy difícil decir si la evolución tectónica del área Almoloya de las Granadas-San Lucas del Maíz, tiene alguna relación con la apertura del Atlántico, o bien, si está asociada únicamente a la tectónica del Pacífico.

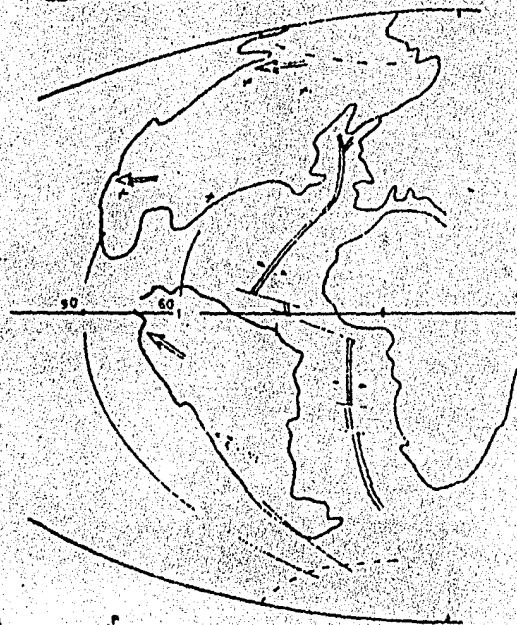
Por su parte, Ortega Gutiérrez (op. cit.), como se ha hecho notar en este trabajo (ver discusión en el capítulo



A ARCO VOLCANICO - JURASICO - CRETACICO INFERIOR



B JURASICO SUPERIOR 135 m A



C CRETACICO SUPERIOR 55 m A

Fig. No. 8 Evolución Geodinámica Jurásico-Cretácico, B y C según S. Dietz y Holden, J. G. R. (1970)

lo de estratigrafía), no descarta la posibilidad de que el complejo metamórfico "Tierra Caliente", represente un metamorfismo típico de los cinturones orogénicos circumpacíficos, cuyo origen está ligado a la continua subducción del piso oceánico pacífico debajo del Continente Americano, en una dirección principalmente hacia el Este, durante el Mesozoico.

Finalmente, Demant (op. cit.) considera que el metamorfismo de la secuencia volcánico-sedimentaria se realizó durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior, contemporáneo con la apertura del Atlántico Norte, primero, y después con la apertura del Atlántico Sur (Fig. No. 8). Yefimovich (1980) amplía este período desde fines del Jurásico Medio a principios del Tardío, con la apertura del Atlántico Norte, hasta la separación de América del Sur de África hacia la mitad del Cretácico Tardío, apoyándose en los datos proporcionados por las perforaciones profundas (en el piso oceánico).

4.4.- Historia Geológica

Más que una historia geológica propiamente dicha, se intenta hacer una descripción muy general sobre la sucesión de eventos que tuvieron efecto en la región, en el marco de un esquema ideal, ya que no es posible precisar bastantes datos que permanecen oscuros o imprecisos. Por este motivo, sólo se presenta una serie de eventos sin precisar sus edades.

En un período que puede ir del Paleozoico Tardío al Jurásico Superior (Parga, 1981; Elías, 1981, Campa, 1974;

Nieto, et. al., 1977; Colorado, 1979), tuvo lugar la extravasación de rocas ígneas de composición andesítica y dacítica en forma de lavas y tobas en un ambiente marino (?), acompañadas por intrusivos hipabisales de composición intermedia. Posteriormente, estas rocas emergieron y estuvieron sometidas a un período de erosión, que desgastó por un tiempo indeterminado el relieve topográfico, dando lugar en algunos sitios a la formación de areniscas arcólicas.

La región sufre nuevamente una subsidencia y empiezan a depositarse sedimentos pelítico-calcareos en un medio reductor de circulación restringida, impartándole a los sedimentos un característico color negro, típico de estos ambientes de depósito. Acompañando a estos sedimentos e intercalándose entre los mismos, se van depositando rítmicamente lechos delgados de areniscas inmaduras, compuestas por fragmentos de cuarzo, feldespatos, ferromagnesianos alterados y minerales arcillosos; en tanto que hacia el Sur, en el área de Tlanilpa, también se depositan lutitas oscuras, acompañadas ahora por estratos delgados de lodos calcareos.

Ocasionalmente, y simultáneo al depósito de los sedimentos pelíticos calcareos, tiene lugar el depósito de extensas coladas de lavas y tobas andesíticas, cuya abundancia se presenta en relación inversa al depósito de las areniscas inmaduras, mientras que éstas decrecen hacia la cima, las coladas andesíticas se vuelven más frecuentes. A partir de entonces el medio de depósito es más abierto a la circulación y empiezan a

depositarse sedimentos finos de color claro, interestratificados con areniscas inmaduras y coladas de lavas andesíticas.

Desde el punto de vista tectónico, se presume que el depósito de esta secuencia volcánico-sedimentaria, tuvo lugar de la siguiente manera: cuando cesó la actividad volcánica y subvolcánica calcoalcalina, que dio lugar a las lavas andesíticas y dacíticas, que constituyen ahora la parte inferior de la secuencia estratigráfica, vino un período de relativa calma durante el cual se formaron areniscas arcósicas, como producto de una intensa erosión. Posteriormente, la cuenca sufre una subsidencia y el medio se vuelve eufánico, dando pie al desarrollo de la facies "flysch" como producto de una serie de "pulsaciones" provocadas por el emplazamiento de un magma calcoalcalino. Cuando éste alcanzó los niveles más superficiales de la corteza, cesó parcialmente el depósito de las areniscas, extravasándose finalmente, acompañado en menor grado por lutitas y areniscas en un medio no reductor.

Entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior (Demant, et al, 1976; Yefimovich, 1980), se generan esfuerzos orogénicos relacionados con la apertura del Atlántico; en este intervalo de tiempo se desarrolla un metamorfismo regional de bajo grado, durante el cual la secuencia volcánico-sedimentaria fue metamorfoseada, alcanzando la facies de esquistos verdes y localmente la de prehnita-pumpellita (Díaz García, 1977). De este modo, queda constituida la secuencia metamórfica conocida por diversos autores como Paleozoico Metamórfico (De Cserna, 1978), Secuencia Volcánico-Sedimentaria Mesozoica (Campa, et al, 1974), -

Complejo Metamórfico Antiguo (Nieto, et al, 1977), Cinturón Metamórfico Mesozoico del Sur de México (Colorado, 1979), o bien, conocida también como Complejo "tierra Caliente" (Ortega Gutiérrez, 1981).

Durante el Aptiano Superior, el mar invade las tierras emergidas y se deposita una serie de calizas arcillosas y limolitas calcáreas de la Formación Acahuizotla (Fries, 1960 - y De Cserna, 1965, en L. Ramos, 1979), que subyacen en concordancia a la Formación Morelos del Albiano-Cenomaniano. Siguiendo a López Ramos (op. cit.), en el Cenomaniano Medio y Superior la región se vió afectada por una regresión, provocando así la erosión de las calizas Morelos, continuándose el depósito de estas hasta el Turoniano, dando lugar a una secuencia de calizas (Formación Cuautla, Fries, 1960, en L. Ramos, op. cit.) depositadas en un medio de cuencas marginales de profundidades moderadas. Estas calizas en la parte superior pasan gradualmente a calizas arcillosas y lutitas calcáreas, hasta llegar a una alternancia de lutitas y areniscas que son las que constituyen la Formación Mexcala, depositada durante el Coniaciano y probablemente hasta el Maestrichtiano.

A principios del Terciario, las aguas marinas se retiraron como consecuencia del inicio de la Revolución Laramide, dando lugar al depósito de sedimentos continentales, sobre todo, en las partes bajas de los sinclinales o en las zonas aplanadas, donde se depositaron las rocas del Grupo Balsas durante el Eoceno-Oligoceno y cuyos afloramientos se localizan ampliamente.

te, hacia el Oriente, Sur y Poniente de la presente área de estudio.

En el Mioceno tiene lugar la extravasación de las ignimbritas que forman la Sierra de La Goleta al Poniente y, aquellas que afloran más al Oriente de la zona de estudio; estas rocas son correlacionables con las eyecciones piroclásticas ácidas que forman la Sierra Madre Occidental. El magma nace así, de una zona de fusión parcial de la corteza continental encima de la zona de Benioff (Demant, et al, 1976).

Según Campa, et al. (1978), la metalogénesis de los yacimientos en vetas está asociada fundamentalmente a la fase de deformación compresional finimiocénica. Asimismo, estos autores indican que "desde el Plioceno hasta el Reciente, actúa una tectónica distensiva que provoca grandes sistemas de fallas y el relleno ulterior de fosas. Comienza el vulcanismo básico, andesítico-basáltico activo hasta la época actual con la formación de conos y coladas de material volcánico que han formado el Eje Neovolcánico".

4.5.- Yacimientos Minerales

Los yacimientos minerales que se reconocieron en el área de Mamatla-Tlanilpa, son de dos tipos: singenéticos y epigenéticos. Ambos tipos se encuentran emplazados en la secuencia volcánico-sedimentaria descrita; los primeros se encuentran asociados a la base del horizonte pelítico-esquistoso, representados por concentraciones de minerales cuyo origen es probablemente volcánico. Este tipo de yacimientos se han localizado especialmente en la parte sur del área de estudio, en los sectores de Tlanilpa y Azulaquez.

Los yacimientos en vetas se localizan particularmente en la porción norte del área y alcanzan su máximo desarrollo tanto en pizarras como en andesitas. Gracias a la explotación de las vetas, la región adquirió notoriedad en la producción de plata, de ahí que se conozca como Distrito Argentífero de Zacualpan. De este modo, el área de estudio se puede considerar como parte de este distrito.

4.5.1. Yacimientos Singenéticos

A) Manto Rico. Este yacimiento se localiza aproximadamente 2 km al noroeste de Tlanilpa; los sulfuros masivos consisten en lentes concordantes con la foliación de las metatobas dacítico-riolíticas y las pizarras calcáreo-carbonosas que los contienen. Los lentes presentan una intensa silificación al bajo en las metatobas y varían en espesor desde unos -- cuantos centímetros hasta 1.50 m; su extensión lateral se desco

noce.

La mineralización visible consiste en galena, esfalerita y pirita muy fina. En ocasiones esta asociación mineralógica no se alcanza a observar, sin embargo, las muestras tienen un elevado peso específico. Los minerales de cobre no son visibles, sólo sus alteraciones a carbonatos. De acuerdo con Espinosa (1982), el contenido mineralógico en Manto Rico consiste en finas bandas de 1 a 3 mm de ancho formadas por esfalerita, tetraedrita (freibergita)-tenantita y galena como minerales esenciales, con cantidades menores de pirita y calcopirita como accesorios y, como secundarios, covelita, bornita, malaquita y marcasita. Como minerales de ganga se encuentran el cuarzo, la calcita y en menor cantidad la barita.

En Manto Rico se presentan los siguientes valores promedio: Au 56 gr/ton, Ag 511 gr/ton, Zn 21.93%/ton., Pb 9.3%/ton, Cu 0.32 %/ton y el contenido de pirita es bajo. Asimismo, Espinosa (op. cit.) dice que el contenido de plata es de 655.2 gr/ton y que quizá esté relacionado con el alto contenido de tetraedrita (freibergita); en cuanto al Pb, Zn y Cu obtuvo los siguientes valores en promedio respectivamente: 4.76%, 7.55%, y 0.636%. También se hizo un muestreo preliminar en las pizarras que sobreyacen los lentes, las cuales presentan una fina diseminación de pirita y calcopirita; el análisis químico arrojó 400 ppm de Cu, 5 352 ppm de Pb, 2 545 ppm de Zn y 5 pp de Ag.

Las obras mineras existentes en el prospecto Manto Rico, consisten en socavones y tiros de poca profundidad, no mayor -

de 5 m; los socavones tienen longitudes de 10 a 15 metros.

B) El Sabino. Este manto se localiza aproximadamente 500 m al sur de Tlanilpa; consiste en una zona mineralizada, alojada en la cima de las lavas andesítico-dacíticas que subyacen a la secuencia pelítico-calcareá en el sector de Tlanilpa. Las lavas se encuentran bastante silicificadas al bajo del cuerpo mineralizado, el cual se observa como una masa piritosa con tintes de color gris azulado y aflora en la margen izquierda del Arroyo Paso del Sabino (nombre informal), por lo que la mena presenta un aspecto remojado y plástico; su espesor es más o menos de 1 m y aflora en una longitud de 8 m aproximadamente. Aparentemente el cuerpo está desplazado por una falla que corre en la misma dirección al arroyo citado (norte-sur). El informe del laboratorio del Consejo de Recursos Minerales, a partir de un estudio minerográfico reporta exclusivamente pirita; los resultados del análisis químico no fueron proporcionados.

C) La Yerbabuena. Este depósito se localiza 3 km al este de Tlanilpa. Se caracteriza por una intensa silicificación y fuerte olor a azufre; su espesor es aproximadamente de 2 m y la silicificación reemplaza completamente al cuerpo, a las metatovas ácidas y a las pizarras que lo contienen. La pirita es el mineral principal y entre éste existe la esfalerita y la calcopirita. Su estructura no es observable. De acuerdo con Ura-be (op. cit. en Pérez González, 1982), La Yerbabuena y la Mina San Carlos son parte de chimeneas o "stockwork" de depósitos de

sulfuros masivos.

D) Lote Francisco. Este yacimiento se localiza 2.3 km al sureste de Tlanilpa, consiste de un manto que no se apreció completamente debido a que está inundado, pero se le supone un metro de espesor. Se tomó una muestra y se obtuvieron los siguientes resultados: Ag (150 gr), Pb 20%/ton, Zn 5.1%, Cu (bajo). Las rocas sobreyacentes son calizas metamorfoseadas, donde se observan reemplazamientos parciales.

También las metatobas andesíticas están mineralizadas.

E) El Capiri, Aurora y Guadalupe. Estos yacimientos consisten en un horizonte delgado cada uno y son concordantes con esquistos de sericita, pizarras negras, y metatobas; su coloración es negra u oscura. La estructura es de "boudinage" y las alteraciones consisten en sericitización, silicificación, caolinización y carbonatación. Los horizontes varían entre 0.20 y 1.0 m de espesor, pero lo potencialmente explotable puede alcanzar entre 2 y 4 metros. El análisis químico realizado arrojó un promedio de Pb 10.5%/ton, Zn 4.5%/ton, Cu (bajo) y pirita baja, Ag 129 gr/ton. El cobre reporta valores altos, en algunas muestras.

Todos estos yacimientos aunque se encuentran entre pizarras, metatobas y esquistos de sericita, están cerca de los metavolcánicos de la parte inferior de la secuencia estratigráfica, los cuales se localizan a unos 10 a 20 m más abajo. Asimismo, las metacalizas y pizarras interestratificadas generalmen

te se relacionan estrechamente con el contacto superior de los yacimientos.

Asimismo, Del Vecchio (1979), menciona la presencia de un sulfuro masivo de origen vulcanogénico alojado en un horizonte de pizarras negras en la localidad de Azulaquez, sin precisar el sitio del yacimiento; las pizarras, las refiere a la Unidad Esquisto Taxco. El yacimiento la describe textualmente como "cuerpos mineralizados (que) consisten en mantos cuya potencia varía entre 0.10 m y 0.45 m, sin embargo, los intervalos de pizarras negras entre éstos, contienen valores aceptables, por lo que se pueden estimar intervalos explotables de un mínimo de 2.0 m, llegándose a observar a veces hasta de 4.0 metros.

"Su forma tiende a ser lenticular y en forma de rosario o de salchicha, pero conservando siempre su paralelismo con la foliación". La mineralogía consiste en blenda, galena, argentita y calcopirita acompañada por cuarzo, barita, dolomita, sericita, pirita y calcita (Del Vecchio, op. cit.).

A modo de síntesis se puede decir que los yacimientos descritos tienen algunas características en común: todos se encuentran encajonados entre tobas de composición de intermedia a ácida al bajo y pizarras calcáreo-carbonosas cubriéndolas; en todos se presenta la asociación común galena-esfalerita, típica de los yacimientos de Pb-Zn, excepto en El Sabino y La Yerbabuena donde ocurren sólo pirita y pirita-calcopirita respectivamente. También se observa que la ganga está compuesta -

por cuarzo, calcita, barita y dolomita, y sericita.

4.5.1.1. Relación de Campo

Con el propósito de brindarle un marco de referencia más amplio a las observaciones locales que se han hecho de los yacimientos descritos, se mencionan a continuación los datos más importantes de algunos yacimientos.

- El Sulfuro Masivo "Rey de La Plata", Teloloapan, Gro.

Este yacimiento se localiza 20 km al sur del área de estudio. Según Zamorano (1978, en Colorado 1979), la mineralización es estratiforme, singenética con rocas volcánicas félsicas, el intervalo favorable es un horizonte de filitas sericíticas y carbonosas y su formación está ligada a una fase de vulcanismo y sedimentación en un medio eugeosinclinal de arco. Asimismo, Garza (1982): describe una mineralización rica en sulfuros de Fe, Zn, Pb y cobre en cuerpos de estructura masiva y/o bandeada, además de que existe mineralización en "stockwork" rico en calcopirita. El zoneamiento es patente, variando a profundidad de galena-esfalerita masivas a una mena pirítica rica en cobre. Garza, a su vez, identifica el yacimiento Rey de La Plata como un probable depósito de tipo Kuroko.

- El Yacimiento de Reforma, Campo Morado, Gro. (Lorincsi y Miranda, 1978).

En la geología del Yacimiento Reforma, Lorincsi y Miranda (op. cit.) encontraron que el depósito está incluido en una se-

cuencia invertida, formada por alternancias de lutitas y pizarras carbonosas, grauvacas y tobas arenosas, brechas y rocas volcánicas félsicas intercaladas. Las evidencias para la secuencia invertida son: (1) gradación invertida de la estratificación, (2) zoneamiento composicional invertido -- dentro de los sulfuros masivos, (3) la posición estratigráfica de la mineralización de calcopirita tipo "stringer" y la zona de alteración clorítica, (4) posición estratigráfica de los estratos delgados de pedernal, y (5) la posición estratigráfica de los lahares.

En orden de abundancia decreciente, la mineralogía - consiste esencialmente de pirita, esfalerita, calcopirita, galena, tetraedrita, arsenopirita, marcasita y pirrotita. - Algunos de los sulfuros contienen cantidades apreciables de plata y oro. Los minerales de ganga más comunes son cuarzo, mica (muscovita-clorita), selenita y carbonatos.

De acuerdo con Garza (op. cit.), el alto contenido de hierro y la alta proporción de Cu: Zn, sugiere una génesis en un sistema mineralizante de alta temperatura, característico de los depósitos del tipo Zn-Pb-Cu. Asimismo, este autor comenta que la estrecha relación del cuerpo mineral con rocas sedimentarias que indican un alto nivel de energía de sedimentación, pueden evidenciar un origen para el yacimiento de tipo sedimentario. Sin embargo, Colorado (op. cit.) - señala que las masas piritosas son características de yaci-

mientos asociados a estratos polimetálicos, ligados genéticamente a las rocas felsíticas y son el resultado de un proceso exhalativo-sedimentario.

-El Sulfuro Masivo de Tizapa, Edo. de México (Parga, - 1981)

El yacimiento de Tizapa consiste en cuerpos lenticulares de sulfuros masivos polimetálicos, bandeados y ocasionalmente brechados, pero concordantes con filitas grafiticas y esquistos de muscovita ligeramente cloritizados al bajo del cuerpo mineralizado; los esquistos también presentan abundantes vetillas entrelazadas de pirita con algo de calcopirita y también sulfuros diseminados. Los cuerpos de sulfuros masivos tienen un espesor variable entre unos cuantos centímetros hasta 5.0 m, pero todavía se desconoce su extensión longitudinal.

La mineralización consiste principalmente de pirita - esfalerita, galena y en pequeñas cantidades de tetraedrita y posiblemente freibergita; como ganga, cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas. En el yacimiento se exhibe un borde constituido por capas amarillas de pirita y algo de calcopirita - y capas grises de esfalerita y galena con muy poca tetraedrita.

Igualmente, Parga (op. cit.) determinó algunas alteraciones en el yacimiento, como silicificación, cloritización, caolinización y cericitización. Asimismo, su origen lo atrib

buye a procesos exhalativos sedimentarios relacionados con - vulcanismo submarino.

-Sulfuro Masivo de Santa Rosa, Edo. de México (Colorado, 1979)

Este yacimiento se encuentra en las cercanías de Tizapa; consiste en un horizonte de roca filito-cuarzosa, muy esquisto sa con pátina de color argentífero, en la cual se hallan inter calaciones de lenticillos silicosos. La mineralización consis te en una masa piritosa que se encuentra en una serie invertida. El cuerpo está constituido esencialmente de pirita, blenda, cal copirita, galena y en menor cantidad de cobre gris, covelita y bornita. Las alteraciones consisten en una cloritización bien desarrollada en el bajo del cuerpo y en una silicificación en forma de lenticillos de sílice criptocristalino tanto en el pi so como en el techo del mineral.

Para Colorado (op. cit.), el yacimiento de Santa Rosa se formó durante largos episodios de actividad fumarólica subma rina (exhalativo-sedimentaria).

- Mina El Río, Area Almoloya-San Lucas, Edo de México. (Elías, 1981)

Este yacimiento se localiza a 6 km al norte de Tejupilco, Edo. de México. Consiste de cuerpos lenticulares de sulfuros - contenidos tanto en cuarzo-filitas grafíticas como en los es quistos de tremolita-actinolita (tobas básicas), estando am bos tipos de rocas estrechamente interdigitados. La mineralo-

gía por orden de abundancia es: pirita, pirrotita, esfalerita y calcopirita en texturas variables de escasamente diseminados a masivos con bandeamientos granulares.

Entre los rasgos que indican un origen sinvolánico para este yacimiento, está la concordancia con las rocas encajonantes, el plegamiento de algunos lentes de sulfuros y su relación estrecha con rocas de origen volcánico (esquistos de tremolita-actinolita).

4.5.1.2. Hipótesis Genética

De acuerdo a las características observadas en los sulfuros masivos del área Tlanilpa-Azulaquez, se deduce, en principio, que tienen una estrecha relación con las fases póstumas de una actividad volcánica submarina; pues todos ellos se localizan estratigráficamente en un horizonte muy próximo a las tobas andesítico-dacíticas de la parte inferior de la secuencia volcánico-sedimentaria, o bien, directamente asociados a estas rocas como en Manto Rico y Tlanilpa (El Sabino). Otro rasgo importante en estos yacimientos, es la presencia de silicificación en el bajo de los cuerpos mineralizados, lo cual es característico del depósito de salmueras salinas de alta densidad y baja temperatura (Sato, 1977)

Otra hipótesis que se contempla para explicar el origen de los yacimientos descritos, se basa en el bandeamiento de la mena y la falta de una intensa alteración clorítica y sericitica en las rocas del bajo de los cuerpos (Large, 1977 en Es

pinosa, 1982). Estas características son propias de aquellos yacimientos depositados a cierta distancia de su centro de emisión; características que fueron observadas por Espinosa (op. cit.) en Manto Rico. Por esta razón este yacimiento ha sido clasificado como Distante de acuerdo con la terminología de Large, 1977 (op. cit.).

Por otra parte, como se puede ver a todos los yacimientos de La Reforma, Rey de La Plata, Tizapa, Santa Rosa y Mina El Río se les atribuye un origen exhalativo-sedimentario, porque se les ha observado ciertas características generales que coinciden con este tipo de yacimientos:

"a. Todos ellos se encuentran asociados a secuencias eugeosinclinales deformadas y metamorfoseadas, relacionadas a zonas de subducción.

b. Todos pertenecen al tipo Pb-Zn (Kuroko), asociado a un tectonismo alpino de épocas recientes (Hutchinson, 1973).

c. Todos aparentemente quedan incluidos dentro de uno de los tipos propuestos por Large (1977), como sulfuros masivos próximos, es decir, asociados en forma directa o muy cercana a secuencias volcánicas, y a la chimenea volcánica que dio lugar a tales depósitos.

d. Todos presentan aparentemente las mismas relaciones estratigráficas en la geología local del depósito" (Nieto et al, 1977).

A partir de estas consideraciones, se desprende sin lugar a dudas, una hipótesis que apoye la existencia de una vasta provincia metalogenética, que sea propicia para contener -- concentraciones económicas de sulfuros. A decir verdad, tales consideraciones ya han sido postuladas por otros autores como Nieto (op. cit.), Colorado (op. cit.) y Garza (op. cit.).

4.5.2. Yacimientos Epigenéticos

Este tipo de yacimientos consisten en una serie de filones emplazados en la secuencia volcánico-sedimentaria y que afloran en la porción norte del área de estudio. Se hace notar que todas estas minas están abandonadas, excepto El Escorpión que se explota a muy pequeña escala.

A) El Zapote. Esta veta se localiza 6 km al poniente de Mamatla y se aloja en un horizonte de pizarras negras, su espesor varía desde 3.5 m hasta 15 m en sus porciones más anchas y aflora en una longitud de 2 km aproximadamente, en dirección norte-sur. La mineralogía observada consiste en esferularita, pirita y calcopirita; las alteraciones presentes son la silicificación, cloritización, sericitización y oxidación. Según el muestreo preliminar que se hizo, el análisis químico proporciona los siguientes valores en oro: 17.5 gr; 18.5 gr, y 21.0 gramos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la Gerencia de Estudios Especiales del Consejo de Recursos Minerales, decidió hacer un estudio geológico a detalle para conocer las posibili-

dades de desarrollo que tuviera esta veta. Este trabajo estuvo a cargo del Ing. Francisco Pérez González (1982), quien -- llegó a reconocer un conjunto de 6 vetas con 2 m de potencia en promedio, en dirección norte-sur inclinadas 54 grados al suroeste. Este autor hace la diferencia entre dos tipos de vetas, de las seis que existen; tres son de 2 m de espesor y las otras tres son más delgadas (1 m). Las primeras contienen specularita, pirita y calcopirita en ganga de cuarzo y fluorita (?); las segundas, las más delgadas, consisten en arsenopirita principalmente, extibnita y poca pirita en el mismo tipo de ganga. Consecuentemente, Pérez (op. cit.) basado en Mac Kinstry (1970) considera dos etapas de mineralización, la primera asociada a las vetas de specularita y la segunda a la de arsenopirita o viceversa, según que la arsenopirita sea hipotermal o mesotermal.

Finalmente, cabe decir que los trabajos fueron abandonados en vista de que no se obtuvieron los resultados esperados.

B) San Enrique. Esta obra minera se localiza aproximadamente 2 km al suroeste de la población de Mamatla, sobre una cota de 2 094 m.s.n.m. en la Cañada "Las Aclinas". Las obras mineras consisten de un socavón que tiene un desarrollo de 84 m, tiene un crucero de 9 m, un contrapozo de 4 m y un pozo de 4 m de profundidad. El cuerpo mineralizado es una veta-falla que arma en metalavas andesíticas y tiene un rumbo de

60 grados al sureste inclinada 68 grados al suroeste; su espesor es más o menos de 6 m y se reconoció en una longitud de 250 m aproximadamente.

Los minerales identificados en muestra de mano son la pirita, calcopirita, galena, esfalerita y argentita con ganga de cuarzo, calcita y fragmentos de roca. La principal alteración es la silicificación, aunque también se tienen caolinización y argilitización. En cuanto a las leyes presentes, los muestreos preliminares arrojaron valores de 230 gr de Ag y 2 gr de Au por tonelada. Posteriormente Pérez (op. cit.) hizo un muestreo, obteniendo los siguientes resultados:

Ag (gr)	Au (gr)	Cu (gr)	Pb (%)	Zn (%)
283	1.4	0.07	10.2	1.3
209	15.4	0.214	1.32	2.9

C) Mina Sara. Se localiza 1 km al suroeste de Mamatla. La obra minera se desarrolló sobre una veta-falla de 1 m de espesor y su rumbo es de 42° al sureste, inclinada 60° al suroeste. La roca encajonante es un pórfido riolítico. La veta contiene una fuerte diseminación de sulfuros de Cu, Pb, Zn y Fe. La mina tiene 2 niveles con pozos y comidos muy amplios tanto hacia arriba como hacia abajo del nivel principal.

D) Mina Santiago. Esta mina se sitúa aproximadamente a 1 km al suroeste de Mamatla. La bocamina está a 2 180 m.

s.n.m. La entrada es un crucero principal con rumbo 60° al noreste con desarrollo aproximado de 50 m; a los 40 m más o menos, esta obra corta una veta de rumbo 60° noroeste, inclinada 58° al suroeste; esta veta se une diagonalmente a otra que conserva también un rumbo noroeste pero con otra magnitud.

La veta principal con rumbo 60 grados noroeste tiene abundantes comidos tanto hacia arriba como hacia abajo del socavón principal, hasta una altura de 20-30 m. La roca encajonante es un pórfido riolítico con fuerte silicificación. La mena se compone de blenda, galena, pirita y calcopirita; se observan también manchas de goethita. El cuarzo se presenta en vetillas.

E) Mina El Escorpión. Esta mina se localiza aproximadamente a 0.5 km al oriente de la población de Mamatla. Prácticamente está en las orillas de este poblado. El yacimiento consiste en un sistema de vetas que se ramalean y entrecruzan; conforme se pueden seguir en continuidad, las vetas se terminan en un punto determinado y nuevamente se manifiestan a rumbo. Lo que presenta serios problemas para su explotación.

El depósito arma en pizarras negras y metalavas andesíticas. Las andesitas son las más favorables para contener la mineralización, la cual consiste en sulfuros de plata y plomo. En algunos casos las vetas se adelgazan alternadamente a modo

de "boudinage", llegando a contener clavos con leyes excepcionales. Sin embargo, en algunos lugares predomina una ley de plata de 1 kg/ton. La ganga está constituida por cuarzo y calcita.

F) El Cobre. Esta obra minera se localiza proxímadamente a 2 km al noroeste de Mamatla y sobre una cota de 1 800 m.s.n.m. Se trata de una veta-falla con rumbo de 60° al noroeste e inclinada 45° al suroeste, armando en pizarras; presenta cierto brechamiento en los respaldos con fragmentos de roca. La mineralogía visible consiste en bornita, calcopirita, malaquita y argentita, en una ganga de cuarzo, calcita y fragmentos de roca. Los muestreos preliminares proporcionaron resultados con valores de 0.335 gr de Ag/ton, y 6 gr de Au/ton.

G) El Marrano. Este filón se localiza en el Arroyo Salado, llamado también barranca de Huitititla en una cota de 1 580 m.s.n.m., y se halla atravesando un horizonte de pizarras negras; estructuralmente se orienta con rumbo 75° noroeste, casi vertical, inclinado 71° al suroeste. Este cuerpo está constituido por pequeños fragmentos de roca incluyendo pizarra silicificada; su espesor aproximado es de 0.70 m y presenta indicios de mineralización consistentes en pirita y arsenopirita. También se observa una fuerte silicificación y su aspecto es el de un crestón conspicuo de color oscuro bastante intemperizado.

4.5.2.1. Gufas Mineralógicas, Litológicas y Fisiográficas

Tradicionalmente, se conocen a las andesitas como las rocas más favorables para contener mineralización de rendimiento económico, en el Distrito Argentífero de Zacualpan, México. No obstante, siendo las condiciones geológicas un tanto diferentes en el área Mamatla-Tlanilpa, las vetas no se emplazaron en andesitas sino en pizarras y/o andesitas como se indicó en la sección anterior; sin embargo, la característica fundamental que permitió distinguir las zonas mineralizadas de aquéllas que no lo están, es la silicificación y la oxidación. La primera siempre se presenta en forma de vetillas o en masas de cuarzo lechoso, condición que imparte a las pizarras mayor dureza y menor grado de denudación, a diferencia de aquellas pizarras que no están mineralizadas; la oxidación a su vez, permite identificar en superficie a las zonas de pizarras mineralizadas como en El Zapote y El Cobre, por una fuerte coloración rojiza. Asimismo, la silicificación afectó de un modo especial a las andesitas cuando éstas fueron penetradas por soluciones hidrotermales. Generalmente forman altos cantiles como en las Minas San Enrique, Sara, Santiago y El Escorpión. También se advierte esta alteración por el color más claro que le confiere a la roca, así como su excepcional dureza y su fractura de filos cortantes.

4.5.2.2. Zoneamiento

No se realizó un muestreo sistemático en el área de estudio con el propósito de inferir un zoneamiento; no obstante, por la mineralogía que se conoce, al menos -

nético, cuya gradiente de temperatura e intensidad de mineralización disminuye hacia el este y cuyo foco, a su vez, lo sitúa en la Costa Pacífica de México, donde se han depositado los metales de más alta temperatura (Fe, Cu, Au).

4.5.2.3. Hipótesis Genética

Por su modo de yacimiento, las vetas del área Mamatla-Tlanilpa se consideran de origen hidrotermal cuya fuente magmática se desconoce, sin embargo, una evidencia que se puede asociar al origen de estos yacimientos es el Cerro de La Tentación (Ver Plano adjunto), el cual consiste en un "stock" de pórfido riolítico, el que al mismo tiempo constituye la eminencia topográfica más alta de la región.

Por su mineralogía, las vetas de la región podrían clasificarse como epitermales, apoyando esta observación en la presencia de minerales típicos como la argentita, pirargirita, proustita y polibasita en las Vetas de Zacualpan, así como en los minerales de ganga como la amatista, rodocrosita y abundantes silicatos (Oropeza, op. cit.).

Otra característica que permite establecer con propiedad el origen de las vetas, es la abundancia del relleno de cavidades como en la Mina San Enrique.

Si bien la teoría clásica invoca la acción de soluciones hidrotermales, derivadas directamente de la evolución magmática para explicar el origen de este tipo de yacimientos, -

en la localidad no se llegó a detectar alguna variación en los principales minerales de mena. El Distrito de Zacualpan produce principalmente plata y oro asociado. Gutiérrez (1973) dice que no se han observado hasta la actualidad indicios de la presencia de un zoneamiento mineralógico "por lo que se deduce, que la profundidad del foco mineralizante es muy lejana pudiéndose considerar que el proceso hidrotermal es de origen profundo". El mismo autor señala que "hasta la fecha en todos los trabajos realizados en las obras mineras, algunas a profundidades de 350 m bajo la superficie, no se ha manifestado una diferenciación exacta entre las zonas de óxidos y sulfuros.

"En la Mina Guadalupe, se han llevado a cabo trabajos a profundidad mayor de 300 m, notándose cierta estabilización en las leyes, pero aún sin poder definir exactamente las zonas de sulfuros primarios. Por lo tanto, los óxidos y los sulfuros indican que se trabaja actualmente en la zona de enriquecimiento superfénico" (Gutiérrez, op. cit.).

Por otra parte, hablar de zoneamiento regional sería prematuro y arriesgado; sin embargo, en base a la Carta Metalogénica de la República Mexicana (Salas, 1975), el área Mamatlá-Tlanilpa pertenece a una zona de metales básicos (Cu, Pb, Zn) donde ocurren también el Au y la Ag. Esta zona comprende los Distritos de Temascaltepec, Sultepec, Xitinga y Taxco. -- Esta consideración es acorde, asimismo, con las observaciones de Gabelman (1968), quien incluye a la región en un patrón ge-

recientemente González Partida (1981,1983) ha elaborado una hipótesis que propone un origen no magmático para los compuestos sulfurados de los minerales de mena. Esta hipótesis se desarrolla a partir de estudios isotópicos del azufre y consiste en una removilización parcial de sulfuros de las formaciones volcano-sedimentarias, por circulaciones hidrotermales generadas por una anomalía térmica regional, ligada muy posiblemente al emplazamiento de vulcanismo terciario. Es decir, que un aumento de temperatura en el medio provoca la recirculación de aguas meteóricas más que de origen magmático, disolviendo los compuestos metálicos de las rocas y posteriormente redepositándolas, sin su ascenso a la superficie, en fisuras pre-existentes.

En cuanto a la edad de la mineralización, González Partida (op. cit.) obtuvo una edad radiométrica de 29.2 ± 2 y 27.4 ± 4 m.a. (Oligoceno) para la adularia filoniana en el Distrito de Guanajuato y asume que las primeras manifestaciones hidrotermales ocurrieron en esas fechas. Igualmente, Campa (1977) en base a un análisis tectónico de la región, y la clara composición ácida del mineral de ganga, concluye que la mineralización de las Vetas Lipton y San Pedro (Zacualpan) está asociada al vulcanismo ácido oligomiocénico y a su deformación del Mioceno Superior en el combamiento Valle de Bravo-Taxco-Huitzucó.

Estas hipótesis se ven reforzadas por Alvarez Jr. (1961, en Gutiérrez, 1973) quien postula dos épocas metaloge-

néticas cuya actividad hidrotermal se manifiesta en el Oligoceno-Mioceno y en el Mioceno-Plioceno respectivamente. Finalmente, en el Distrito Minero de Taxco, Gro., también se han definido épocas de mineralización en el Oligoceno Superior -- y/o Mioceno Inferior y una actividad tectónica posiblemente en los principios del Plioceno (Salas, 1980).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1.- La secuencia estratigráfica estudiada es mixta, volcánico-sedimentaria y se desconoce su basamento.

2.- Localmente (Tlanilpa-Azulaquez), se depositó una serie pelítico-calcárea en un ambiente reductor, encima de metavolcánicos adesítico-dacíticos.

3.- De las conclusiones 1 y 2 se desprende que el medio de depósito fue favorable para el depósito de sulfuros sinsedimentarios, asociados a períodos de actividad fumarólica submarina.

4.- El depósito de los yacimientos exhalativo-sedimentarios estuvo sujeto a un régimen constante de actividad tectónica; esto se infiere porque todos los depósitos se localizan siempre en un horizonte estratigráfico definido (interfase metavolcánicas inferiores-sedimentos pelítico-calcáreos).

5.- La región ha mostrado interesantes perspectivas para la prospección por sulfuros masivos volcanogenéticos.

6.- Los yacimientos epigenéticos son hidrotermales de baja temperatura aunque cabe la posibilidad de que hubiera un período de mineralización anterior y de mayor temperatura; esto en base a la presencia de la especularita y arsenopirita (?) en la Veta El Zapote.

7.- La prospección por filones es alentadora particularmente en el sector de Mamatla, donde se ha visto cierta abundancia de los mismos. Su importancia económica salta a la vista -- primero, porque los valores de los muestreos preliminares son interesantes y segundo, porque en la región se tienen otras vetas que se explotan actualmente y otras que se explotaron desde tiempos históricos con largos períodos de bonanza (p.e. El Alacrán, Guadalupe Los Arcos, etc.)

Recomendaciones

1.- Es importante ejecutar estudios tendientes a definir los parámetros de búsqueda, para obtener mayor información que permita esclarecer el modo de ocurrencia de los yacimientos volcánogenéticos.

2.- El punto 1 permitirá la elaboración de técnicas más avanzadas, con la sucesiva aplicación de las mismas en la prospección de este tipo de yacimientos.

3.- También es recomendable la realización de estudios geofísicos, para definir las posibles anomalías en las concentraciones de sulfuros.

4.- La programación adecuada de sondeos exploratorios -- estará supeditada a la realización previa de los puntos 1, 2 y 3.

5.- En la prospección por filones es necesario programar una barrenación adecuada, supeditada a los estudios que se

hayan elaborado previamente. Esto se justifica por la presencia de filones que se explotan actualmente en la misma región (El Escorpión, Coronas y Lipton en Zacualpan)

BIBLIOGRAFIA

- BURCKARDT, C. Y SCAGLIA, S. 1906
Geologie de environs Zacatecas. 100. Cong. Geol. Internacional. México. Libroto Gufa 16-26 p.
- CAMPA, U., MA. FERNANDA; CAMPOS, MARIO; FLORES, ROBERTO Y OVIEDO, RAMON. 1974
La Secuencia Mesozoica Volcánico-Sedimentaria Metamorfizada de Ixtapan de La Sal, Méx. Teloloapan, Gro., Bol. Soc. Geol. Mex., T. - XXXV, p. 7-18.
- CAMPA, 1975
Las Rocas Metamórficas e Igneas - del área Taxto-Teloloapan, Gro. - Tesis de Maestro en Ciencias, UNAM (inédito).
- CAMPA, M.F., OVIEDO, A. y TARDY, M., 1976
La Cabalgadura Laramídica del Dominio Volcánico-Sedimentario (Arco Alisitos-Teloloapan) sobre el Miogeosinclinal Mexicano en los límites de los Estados de Guerrero y México. Acapulco, Gro., III Cong. Lat. Geol. Memorias (en prensa)
- CAMPA, U., MA. FERNANDA, FLORES, ROBERTO; GUERRERO, PATRICIA LIMON, MARIO; RAMIREZ, JOEL y VAZQUEZ, MARCIAL, 1977
La Evolución Tectónica y la Mineralización en la Región de Valle de Bravo, Méx., e Iguala, Gro., A.I.M.M.G.M., Mem. Tec. XII pp. - 143-169.
- CAMA U., MA. FERNANDA, 1978
La Evolución Tectónica de Tierra - Caliente, Guerrero, Bol. Soc. Geol. Mex., T. XXXIX, No. 2, pp. 52-64
- CAMPA U., MA. FERNANDA, 1979
Evolución Tectónica de la Región - comprendida entre los Estados de Guerrero, México y Michoacán, Tesis de Doctorado (?), Facultad de Ciencias, UNAM.
- CARPENTER, M.H., 1909
The Zacualpan District Min. World, Vol. 31 No. 1, pp. 79, 81.
- COLEMAN, R.G., 1972
Blueschist Metamorphism and plate Tectonics. Montreal Internal., Geol. Congr., 24 Rept. sec. 2, p. 19-26.

- COLORADO LIEVANO, D., 1979
Etude d'une partie de la Ceinture Métamorphique (mésozoïque) du Sud du Mexique (Etats de Mexico et Guerrero), Université Pierre et Marie Curie (Paris), these Doc. Ing. Inédit.
- CSERNA, SOLTAN DE, FRIES, JR., C., RINCON, O., C., WESTLEY, H., SOLORIO MUNGUA, J., Y SCHMITTER V., E., 1974
Edad Precámbrica Tardía del Esquistito Taxco, Edo. de Gro., Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr., Vol. 26, pp. 183-193.
- CSERNA, ZOLTAN DE, 1978
Notas sobre la Geología de la Región comprendida entre Iguala, Cd. Altamirano y Temascaltepec, Estados de Guerrero y México, Soc. Geol. Mex., IV Conv. Geol. Nal. Esc. Geol. a Tierra Caliente, pp. 1-25.
- CUE CANOVAS AGUSTIN, 1980
Historia Social y Económica de México (1521-1854). México, Editorial Trillas, 422 págs.
- DEMANT, ALAIN; MAUVOIS, ROGER Y SILVA, LUIS, 1976
El Eje Noevolcánico Transmexicano. III Cong. Latino Americano de Geología, Esc. No. 4, México, 26 p.
- DIAZ G., VICTOR M., 1977
El Contacto Esquistito Taxco-Roca - Verde Taxco Viejo en la Región de Zacualpan, Edo. de México. Tesis Profesional, Fac. de Ing. UNAM.
- ELIAS H., MARIANO, 1981
Geología del Area Almoloya de las Granadas-San Lucas del Maiz, Mpio. de Tejupilco, Edo. de México, Inst. de Geol. UNAM., Tesis de maestría.
- ESPINOSA P., VICTOR J., 1982
Características Geológicas de los Yacimientos Estratiformes de Tlanilpa, Gro., Tesis Prof. Fac. Ing. UNAM., 110 p.
- FRIES, C. Jr., 1960
Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México, Inst. de Geol. UNAM., Bol. 60, 160 p.
- GABELMAN, JOHN W., 1968
Zonificación Metalotectónica Regional en México. Comisión Nacional de Energía Nuclear.

- GARCIA, E., 1970
Carta de Climas, México, 14Q-V
Sría. de la Defensa Nacional. -
Inst. de Geog., UNAM.
- GARCIA, FONS J., NOVELO, L.
F., 1980
Proyecto El Rey de La Plata, Ser-
vicios Industriales Peñoles, In-
forme interno.
- GARCIA, J.A., 1921
Los Minerales de Ixtapan del Oro,
Temascaltepec, Sultepec y Zacual-
pan, Bol. Min. Tomo XII, No. 5, -
pp. 560-567.
- GARCIA, J. A., 1922
Planta de Flotación El Calvario.
Bol. Min. Tomo XIII, No. 1, pp.
32-40
- GARCIA, J. A., 1923
La Minería en Algunos Distritos
del Estado de México y Guerrero,
Col. Min. Tomo XV, No. 4, pp. 450-
458.
- GARZA, GONZALEZ V. CARLOS,
MONTES N., Victor y LUIS TO-
LEDO, CESAR A., 1980
Relaciones Geológicas y Metalogé-
ticas para Evaluar el Potencial --
Económico Minero y Perspectiva de
la Prospección, en las Depresio-
nes de Tejupilco y Zacualpan, Edo.
de México. V. Conv. Geol. Nal. Soc.
Geol. Mex. Resúmenes. México. pp.
92-93
- GARZA, GONZALEZ V., C. 1982
Análisis Metalogénico Preliminar -
de los Sulfuros Masivos del Sur de
México. VI Conv. Geol. Nal. Soc.
Geol. Mex.
- GONZALEZ, P. EDUARDO, 1981
Le Province Filonienne Au-Ag de Tax-
co-Guanajuato (Mexique). Thèse de
Docteur-Ingenieur, Travaux du Cen-
tre de Recherches Petrographiques
et Geoquimiques, L'Institut Natio-
nal Polytechnique de Lorraine, -
234 p.
- GONZALEZ, P. Eduardo, 1983
Los Yacimientos Polimetálicos Au-
Ag de Tierra Caliente: proposición
de un modelo de removilización so-
bre Miahuatlán, Temascaltepec y Sul-
tepec, Edo. de Méx., en base a los
Isótopos de Azufre. Geomimet. 3a. época
Enero-Febrero 1983, No. 121. p. 77-91.

- GUTIERREZ, G. EMPLIO, 1973 Estudio Geológico Minero del Distrito Argentífero de Zacualpan, - Edo. de México. Tesis Prof. ESIA., Instituto Politécnico Nacional.
- KLEESE, ELMAR, 1968 (1970) Geology of the El Ocotito-Ixcuinatoyac, region and of La Dicha, Stratiform Sulphide Deposit, State of Guerrero. Bol. Soc. Geol. Mex., V. 31 p. 107-140
- LARGE, R.E., 1977 Chemical Evolution and Zonation of Massive Sulfides Deposits in Volcanic Terrains, Eco. Geol. Vol. 72, pp. 547-573.
- LARREA JORGE, 1982 1981, Situación General de la Minería, Rev. Min. Caminex, XLV Informe de la Cámara Minera de México, Vol. IV, No. 11, Sept.-Oct. 1982.
- LAUNAY, L. DE TRAITÉ
METALLOGÉNIE, 1913 Gites Minéraux, Metallifères, etc., Paris, et Liege. Libraire Polytechnique, Ch. Béranger.
- LOPEZ, G. MANUEL, 1977 Economía y Política en la Historia de México. México, Ediciones El Caballito, S. A., 610 pág.
- LOPEZ, NUÑEZ M., 1924 Condiciones Generales del E. de México, que prevalecen actualmente en el Mineral de Temascaltepec, (Zacualpan). Bol. Min. Tomo XXVII. No. 5, pp. 331 y 349-363.
- LOPEZ, NUÑEZ, 1929 La Planta Metalúrgica "El Moral" de la Cía. Minera El Moral, S. A., Zacualpan, Bol. Min. Tomo XXVII, No. 2, pp. 118-121.
- LOPEZ, RAMOS ERNESTO, 1979 Geología de México, Tomo III, Segunda Edición. México, 446 p.
- LORINCSI, G.E., ADN MIRANDA V., 1978 Geology of the Massive Sulfide Deposits of Campo MORado, Gro., Mexico Econ. Geol. Vol. 73, pp. 180-191
- MCKINSTRY, HUGH EXTON, 1970 Geología de Minas. Tercera Edición Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España, 671 Págs.

- MIYASHIRO, AKIHO, 1961 Evolution of Metamorphic belts
Jour. Petrol. Vol. 2, p. 277-311
- NIETO, O. JORGE; CRUZ, R. RAL; COLORADO, L. DANIEL; FIGUEROA, P. MELITON, FRANCO, S. ARTURO, CRUZ, R. ROMEO; GONZALEZ, P. EDUARDO Y RAMOS, C. SALVADOR, 1977 Elementos Tectónicos y Metalogénicos para considerar el potencial económico de la región comprendida entre Zacualpan y El Oro, México. Mem. VI, Sem. Int. sobre Expl. Geol. Min., Cons. Rec. Min. México, pp. 643-667.
- NOGUEZ, A. B., OROPEZA, O. C., HERRERA, G.B., 1982 Estudio Geológico Superficial del Distrito Minero de Zacualpan, Edo. de México, S.I.P.S.A., Informe Interno.
- OJEDA, R. ALFONSO., 1980 Geología Minera de la Veta Nochebuena en Zacualpan, México. Mem. VIII Sem. Interno sobre Expl. Geol. Min. del Cons. de Rec. Min., México p. 45-64
- ONTIVEROS, TARANGO, 1973 Estudio Estratigráfico de la Porción Noroccidental de la Cuenca - Morelos-Guerrero. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr., 25, pp. 189-234.
- OROPEZA, O. CUTBERTO, 1983 Prospección Geológica en el Distrito Minero de Zacualpan, Edo. de México. Tesis Profesional. Fac. de Ing. UNAM., 84 p. 4 planos, 2 sec. 20 fig.
- ORTEGA, G. FERNANDO, 1981 Metamorphic Belts of Southern Mexico and their tectonic significance. Geofísica Internacional. Vol. 20, No. 3 pp. 177-202.
- ORTEGA Y LARSEN, CHRISTIAN, 1933 Generalidades sobre las zonas de Zacualpan, México y Tetipac, Guerrero, Revista Industrial, Tomo 1, Nos. 4 y 5, Oct.-Nov. 1933.
- PARGA, P. JOSE DE J., 1981 Geología del Area de Tizapa, Mpio. de Zacazonapan, México, Instituto de Geología, UNAM., Tesis de Maestría, 135 p.
- PEREZ, GONZALEZ, F. et al, 1981, 1982 Informe Anual de Actividades en el Proyecto Pilcaya, Gerencia de Estudios Especiales, Consejo de Recursos Minerales. México.

- PLATT, JAMES M., 1909
The Zacualpan District. México. Eng. and Min. Journal, Vol. 88, No. 14, pp. 670-671
- RAISZ, ERWIN, 1964
Landforms of Mexico. Prepared for the Geography Branch of the Office of Naval Research E.U.A.
- RAMIREZ, SANTIAGO, 1882
Informe relativo al Reconocimiento de la Negociación Minera llamada "Minas de la Canal y Anexas", en el Mineral de Zacualpan, Ans. M.F. 7, pp. 582-604, Min. Méx. 10 Nos. 9 y 11, 1883.
- REYES, JOSE MARIA, 1880
El Mineral de Zacualpan, Min. -- Méx. 7, No. 29, pp. 344-346.
- ROBERT K. WILLIAM, 1915
The Chontalpan Mine. Mex. Min. Jour. Vol. 20, No. 2, pp. 277-279
- ROBERT K. WILLIAM, 1916
The Chontalpan Mill. Mex., Min. Jour. Vol. 21, No. 1, Pág. 5.
- ROBLES, RAMOS, RAMIRO, 1937
Generalidades sobre Zacualpan y Paragénesis de la Veta La Esmeralda, Bol. Soc. Geol. Mex., Tomo X, Nos. 1-2, P. 24-53
- ROSENBLUETH, ARTURO, 1981
El Método Científico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, - México, 110 pág.
- SALAS, G. GUILLERMO, 1975
Mapa Metalogenético de la República Mexicana. Consejo de Recursos Minerales. México.
- SALAS, G. GUILLERMO P., 1980
Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana. Publ. 21E 2a. Edición. Consejo de Recursos Minerales. 200 págs.
- SATO, TAKEO, 1977
Los Sulfuros Masivos Volcanogénéticos, su Metalogenia y Clasificación. Public. No. 1, Depto. de -- Geología. Univ. de Sonora.
- SCAIFE, H.L., 1911-1912.
Zacualpan. Inf. y Mem. Ins. Méx. Min. Met. Tomo II, pp. 101-104 y 164-167.
- TAMAYO, J., 1949
Atlas de la República Mexicana. - México, D. F., Talleres Gráficos de la Nación.

- TAVERA, E. Y OJEDA R., J., 1953 Reporte sobre el trabajo de campo efectuado en Zacualpan, Méx., entre el 18 de noviembre y el 12 de diciembre de 1953. Consejo de Recursos Minerales. Arch. de Micrograffa. Depto. Inf. Geol. Min.
- URABE, TETSURO, 1982 A Recommendation for the further Exploration in Pilcaya Area, Estado de México (Proyecto Eje Neovolcánico, México). Activity Report No. 8, Gerencia de Estudios Especiales, Consejo de Recursos Minerales, México. 4 pág.
- VECCHIO-CARRANZA, MICHEL A. DEL, 1978 Estudio Petrográfico y Metalogénico del Area de Tlanilpa-Azuláquez, Guerrero. Tesis Prof. Fac. Ing. UNAM., 74 págs.
- VILLAFANA, JOSE, 1910 Las Minas Coronas y Anexas, Mem. Soc. Antonio Alzate, Tomo 28, pp. 53-51.
- VILLARELLO, JUAN 1905 Descripción de algunas minas de Zacualpan, Estado de México. Mem. Soc. Antonio Alzate, Tomo 23, pp. 251-256.
- YEFIMOVICH, KHAIN, VICTOR 1980 Antigüedad y Juventud del Relieve de la Tierra, Rev. Ciencia y Desarrollo, Mayo-Junio 1980, No. 32, Año VI. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. pp. 108-116.
- ZAMORANO, MONTIEL G., 1977 Estudio Geológico del Yacimiento de Sulfuros Masivos El Rey de La Plata en Teloloapan, Edo. de Guerrero. Tesis Profesional, Fac. de Ing. UNAM., Inédito.

