

7
2-4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS METALOGENETICO DE LOS
ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA

T E S I S

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

EDUARDO GAYTAN RAMIREZ
JOSE ANTONIO GONZALEZ RANGEL



MEXICO, D. F.

1891

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

RESUMEN

I	INTRODUCCION	PAGINA
	I.1. Antecedentes	3
	I.2. Objetivo del Estudio	5
	I.3. Método de Trabajo	5
	I.4. Localización y Extensión del Area	6
	I.5. Vias de Acceso y Comunicación	6
	I.6. Hidrografía	7
	I.7. Fisiografía	8
II	GEOLOGIA	
	II.1. Generalidades	11
	II.2. Estratigrafía	11
	II.2.1. Región Sur y Suroccidental	12
	II.2.1.1. Terreno Oaxaca	12
	II.2.1.1.1. Basamento Cristalino	
	II.2.1.1.2. Cobertura Sed. Paleoz.	
	II.2.1.1.3. Cobertura Mesozoica	
	II.2.1.1.4. Cobertura Cenozoica	
	II.2.1.2. Terreno Mixteco	14
	II.2.1.2.1. Basamento Cristalino	
	II.2.1.2.2. Cobertura Sed. Paleoz.	
	II.2.1.2.3. Cobertura Mesozoica	
	II.2.1.2.4. Cobertura Cenozoica	
	II.2.2. Región Suroriental	21
	II.2.2.1. Terreno Juárez	21
	II.2.2.1.1. Era Mesozoica	
	II.2.3. Región Norte	23
	II.2.3.1. Paleozoico	24
	II.2.3.1.1. F. Guacamaya	
	II.2.3.2. Mesozoico	25
	II.2.3.2.1. F. Huizachal	
	II.2.3.2.2. F. Huayacocotla	
	II.2.3.2.3. F. Cahuwasas	
	II.2.3.2.4. F. Tepexic	
	II.2.3.2.5. F. Santiago	
	II.2.3.2.6. F. Tamán	
	II.2.3.2.7. F. Pimienta	
	II.2.3.2.8. F. Tamps. Inf.	

	II.2.3.2.9. F. Tamps. Sup.	
	II.2.3.2.10. F. Agua Nueva	
	II.2.3.2.11. F. San Felipe	
	II.2.3.2.12. F. Méndez	
II.2.3.3.	Cenozoico	30
	II.2.3.3.1. F. Velasco	
	II.2.3.3.2. F. Chicontepec	
	II.2.3.3.3. F. Aragón	
	II.2.3.3.4. F. Guayabal	
	II.2.3.3.5. F. Chapopote-Tantoyuca	
	II.2.3.3.6. Grupo Palma Real	
II.2.3.4.	Terciario Continental	34
II.2.3.5.	Rocas Igneas	34
	II.2.3.5.1. Intrusivas	
	II.2.3.5.2. Extrusivas	
II.2.4.	Región Centro-Meridional	35
II.2.4.1.	Sistema Terciario	35
	II.2.4.1.1. Grupo Balsas	
	II.2.4.1.2. F. Tlaica	
	II.2.4.1.3. G.Ixtlilco y Tepexco	
	II.2.4.1.4. F. Cuayuca	
	II.2.4.1.5. Riodacita Popocatepetl	
II.2.4.2.	Sistema Cuaternario	38
	II.2.4.2.1. Grupo Chichinautzin	
	II.2.4.2.2. Depósitos Clásticos	
	II.2.4.2.3. Rocas Intrusivas	

III TECTONICA Y MAGMATISMO

III.1.	Generalidades	40
III.2.	Terrenos Cristalinos	41
	III.2.1. Terreno Oaxaca	41
	III.2.2. Terreno Mixteco	42
	III.2.3. Terreno Juárez	45
	III.2.4. Terrenos Superpuestos	46
III.3.	Sierra Madre Oriental	47
III.4.	Cinturón Volcánico Transmexicano	50

IV METALOGENIA REGIONAL

IV.1.	Lineamientos Metálicos	55
IV.2.	Lineamiento Aurífero-Argentífero	55
IV.3.	Lineamiento Polimetálico	56
IV.4.	Lineamiento de Manganeso-Fierro	57
IV.5.	Depósitos de Fierro	57
IV.6.	Depósitos de Antimonio	58

PAGINA

IV.7.	Depósitos de Bauxita	58
IV.8.	Anomalías de Cromo-Niquel-Cobalto	59
IV.9.	Anomalías de Uranio	59
IV.10.	Depósitos de Barita	60
IV.11.	Depósitos de Salmueras	61
IV.12.	Depósitos de Talco	61
IV.13.	Depósitos de Caolín	62
IV.14.	Franja de Carbón	63
IV.15.	Depósitos de Carbonatos	65
IV.16.	Depósitos de Bentonita	66
IV.17.	Depósitos Silíceos	67
IV.18.	Depósitos de Yeso	69
IV.19.	Fosfatos	69
IV.20.	Energía Geotérmica	70
V	PROCESOS METALOGENICOS	
V.1.	Generalidades	73
V.2.	Procesos Metalogénicos	73
VI	GEOLOGIA ECONOMICA	
VI.1.	Generalidades	78
VI.2.	Yacimientos de Oro y Plata	78
VI.2.1.	Zona de Cuyoaco y Zautla	
VI.2.2.	Distrito Minero de Tetela de Ocampo	
VI.2.3.	Zona Chichicuautila	
VI.2.4.	Distrito Minero Teziutlan	
VI.3.	Yacimientos Polimetálicos	85
VI.4.	Yacimientos de Manganeso y Fierro	91
VI.5.	Yacimientos de Fierro	95
VI.6.	Yacimientos de Antimonio	96
VI.7.	Depósitos de Bauxita	97
VI.8.	Anomalías de Cromo-Niquel-Cobalto	98
VI.9.	Anomalías de Uranio	99
VI.10.	Yacimientos de Barita	99
VI.11.	Yacimientos de Salmueras	100
	Depósito de Oriental	
	Depósito de Tepeyahualco	
VI.12.	Yacimientos de Talco	101
VI.13.	Yacimientos de Caolín	102
	Zona Sur	
	Zona Centro	
VI.14.	Yacimientos de Carbón	103
VI.14.1.	Región Carbonífera del Sur	
VI.14.2.	Región Carbonífera del Norte	
VI.14.3.	Región Carbonífera del Centro	

	PAGINA
VI.15. Depósitos de Carbonatos	106
VI.15.1. Zona Sur	
VI.15.2. Zona Centro	
VI.16. Depósitos de Bentonita	108
VI.16.1. Zona Sur	
VI.16.2. Zona Centro	
VI.17. Depósitos Silíceos	108
VI.17.1. Zona Centro	
VI.17.2. Zona Sur	
VI.18. Yacimientos de Yeso	110
VII CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFIA	113
ANEXOS	124

RESUMEN

Se presenta un análisis metalogénico de la región comprendida por los Estados de Puebla y Tlaxcala. Dentro del área de estudio quedan comprendidas las provincias fisiográficas, Sierra Madre de Sur, Cinturón Volcánico Transmexicano, Sierra Madre Oriental y Planicie Costera del Golfo.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen en la región se subdividieron en cuatro regiones para su mejor entendimiento: a) Región Sur y Suroccidental caracterizada por el Terreno Oaxaca y Mixteco los cuales incluyen al Complejo Oaxaqueño, de edad proterozoico medio y al Complejo Acatlán que se ubica en el intervalo cámbrico-devónico, respectivamente, los cuales se infiere que son diferentes tanto en su petrología y emplazamiento. b) Región Suroccidental, esta caracterizada por el Terreno Juárez, y se compone por conjuntos sumamente deformados de rocas sedimentarias y volcánicas marinas, con algunos cuerpos ultramáficos serpentinizados, con una edad que va del jurásico superior al cretácico inferior. c) Región Norte, está comprende lo que es la parte sur de la Sierra Madre Oriental, en la cual afloran rocas de una secuencia sedimentaria, que se depósito y evolucionó sobre un basamento precámbrico y paleozoico. En esta región las formaciones mesozoicas se encuentran afectadas por intrusivos granodioríticos y además están parcialmente cubiertas por grandes capas basálticas e ignimbriticas. d) Región Centro-Meridional, comprende la porción S-SE del Cinturón Volcánico Transmexicano, caracterizado por extensos derrames de rocas que varían de basaltos a riolitas con la presencia de materiales volcanoclásticos.

La evolución tectónica de la porción septentrional del presente estudio ha sido interpretada como una confluencia de diferentes dominios geológicos, tanto precámbricos, paleozoicos y mesozoicos por lo que cada dominio cuenta con un basamento distinto y sus contactos han sido interpretados como límites tectónicos. Mientras que en la zona norte se tiene una historia tectónica diferente ya que esta compuesta por grandes espesores de sedimentos marinos que presentan una continuidad en su columna estratigráfica. Por último en lo que respecta a la porción centro-meridional, esta caracterizada por la gran cantidad de productos volcánicos generados por la subducción de la placa de cocos, debajo de la corteza continental de México.

La información que se recopiló y con la cual se trabajó es de 112 localidades mineras, esta se ordenó sistemáticamente, mediante el auxilio de sistemas de cómputo, utilizando el Código de Nomenclatura Metalogénica del Subcomité de Norteamérica y la expresión gráfica se basó en la Carta Metalogénica de Francia.

Se definen 19 lineamientos dentro de los cuales se consideran depósitos y anomalías, que se encuentran distribuidos principalmente en la porción sur y norte, mientras que en la

centro-meridional se tienen escasos depósitos de edad reciente.

Se consideran cinco épocas metalogénicas las cuales son: Paleozoico Superior con los yacimientos de oro y plata; anomalías de cromo y níquel. Jurásico-Cretácico con los depósitos de carbón y carbonatos. Oligoceno-Mioceno con yacimientos de oro y plata, polimetálicos, manganeso-ferro, antimonio, talco y barita. Terciario Superior con los depósitos de salmueras y yeso. Y los de edad Reciente caracterizado por arenas silíceas y bauxitas.

CAPITULO UNO

I. INTRODUCCION

México es un país tradicionalmente minero desde antes de la llegada de los españoles y su potencial minero es todavía muy grande, tomando en consideración que aproximadamente dos terceras partes del territorio poseen características apropiadas para la presencia de yacimientos de importancia.

Los yacimientos minerales a flor de tierra que los antepasados encontraron son prácticamente inexistentes, ya que en su mayoría fueron explotados.

La zona de estudio, que comprende los Estados de Puebla y Tlaxcala se consideran, entidades con bajo desarrollo minero, en el ámbito nacional. Su desarrollo en la minería se debe, a la explotación de minerales no metálicos como, yeso, cuarzo, talco, caolín, barita y otros. La explotación de minerales metálicos es más reducida que los anteriores.

De lo anterior surge la necesidad de poder desarrollar tecnologías y razonamientos científicos, indispensables para dar un mayor impulso a las exploraciones de nuevas áreas, que permitan asegurar la continuidad de la actividad. Una de las opciones consiste en construir un modelo previo de investigación geológica desde el punto de vista regional, relacionando la distribución de los depósitos metálicos con los procesos tectónicos y magmáticos.

Este modelo regional de la distribución de depósitos metálicos se generará a partir de la información geológica y minera de los yacimientos que han sido explotados y al asociarlo con los datos geológicos y tectónicos, se delimitan los lugares donde se ubican las diversas zonas metálicas.

Para lograr lo anterior será indispensable estudiar las condiciones físico-químicas y geológicas de los yacimientos ya conocidos y determinar así sus condiciones de formación para de esa manera definir el tipo de elemento susceptible de encontrar.

Tomando en consideración los aspectos mencionados es indispensable transformar toda la filosofía de la exploración que se ha venido realizando para adecuarlos al presente y sobre todo actualizarlos a los requerimientos del futuro. Es preciso mencionar que siendo nuestro país un área potencial ni existen todos los minerales ni todo el territorio es terreno favorable, para la presencia de yacimientos minerales. Por lo tanto, la exploración debe planearse cuidadosamente para buscar en el territorio nacional aquellos minerales de los cuales se tenga posibilidad real de encontrarse. Por ejemplo, el país es deficitario en Ni, Cr y Co, y ello es lógico si se entiende que esos minerales se encuentran a nivel mundial asociados a rocas ultrabásicas, de las cuales, los afloramientos en México son escasos y de pequeñas dimensiones. Por otra parte, una porción considerable del territorio se encuentra sepultada bajo una cubierta de rocas relativamente jóvenes (tobas riolíticas de la

Sierra Madre Occidental, areniscas y lutitas de las planicies costeras del Golfo, basaltos del Cinturón Volcánico Transmexicano, aluviones recientes en las planicies de la Meseta Central) que en ocasiones superan los doscientos metros de espesor y que reducen considerablemente la superficie susceptible de exploración.

Es por eso que básicamente los modelos de exploración estarán dirigidos hacia los siguientes objetivos.

-Depósitos que afloran y fueron cubiertos por formaciones geológicas posteriores.

-Depósitos formados a profundidad que no dejaron expresiones superficiales obvias.

-Depósitos aflorantes que han llegado a ser explotables con tecnologías mineras y metalúrgicas modernas.

-Extensiones no conocidas de depósitos ya minados e en explotación.

En todos los casos es necesario entender los procesos geológicos de formación de los yacimientos, explorarlos científicamente y tecnológicamente trabajando con enfoques integrados a nivel regional y aprovechar esas herramientas que permitan realizar la exploración de los yacimientos minerales que se van a explotar en el siglo XXI.

I.1. ANTECEDENTES

Los estudios que se han realizado sobre la metalogenia en México son muy escasos, la mayoría se remonta a la década de los setentas y la publicación de ellos ha sido muy esporádica.

Los primeros antecedentes en este aspecto fueron sentados por Burham (1959), quien observó que las Provincias Metalogenéticas del suroeste de los Estados Unidos y las del norte de México formaban franjas de gran extensión con orientación y características tectónicas muy similares, sin embargo el trabajo no se publicó en México.

Las primeras investigaciones metalogenéticas efectuadas en México fueron iniciadas en 1975 cuando el Consejo de Recursos Minerales, bajo la dirección del Ing. Guillermo P. Salas elaboró la primera carta metalogenética de la República Mexicana escala 1:2 000 000 siguiendo los lineamientos marcados por el Subcomité de Norteamérica para la elaboración de la carta metalogenética del mundo. En dicha publicación el Ing. Salas concluye que las Provincias Metalogenéticas de México tienen una estrecha relación con las Provincias Fisiográficas y Geológicas ya conocidas.

Smith, D. M. (1974) realiza un estudio metalogenético de la porción norte de México, en el cual distribuye algunas Provincias Metalogenéticas en base a las tres zonas que caracterizan a un sistema montañoso de tipo cordillerano. Dicho autor considera que la porción norte de México se puede dividir desde el punto de vista tectónico y metalogenético en tres zonas.

La zona I ubicada en los bordes de la plataforma continental y constituida por complejos ofiolíticos en la que sus minerales están ausentes.

La zona II corresponde a la cordillera propiamente dicha constituida por rocas intrusivas y extrusivas calcoalcalinas; forma Provincias Metalogenéticas monometálicas, vetas de oro y plata y depósitos de tungsteno.

Y por último la zona III comprende sedimentos derivados de la plataforma continental que han sido deformados por efectos de compresión y contienen yacimientos de mercurio, plata, cobre, estaño y tungsteno.

Delgado A.L. (1977) hace un ensayo de la metalogenia en México según el modelo andino dividiendo a los yacimientos de fierro, oro, cobre, plomo, zinc y estaño en dos zonas tomando como base el desarrollo tectónico del país.

La zona norte que se genera desde el Jurásico y culmina en el Plioceno-Cuaternario y la zona sur que se desarrolla desde el Eoceno-Oligoceno hasta el Reciente.

Clarck, F.K., Damon, P., Shutter, S. y Shaffiquillah, M. (1979) en colaboración con el Consejo de Recursos Minerales presentan un modelo metalogenético para el Norte de México escala 1:10 000 000 en el que atribuyen las tendencias de mineralización a la migración de un foco magmático durante el Cretácico y Terciario Tardío; además sugieren que las asociaciones por elementos metálicos y por tipos de yacimiento se relacionan con las fases magmáticas separadas que constituyen franjas paralelas a

la línea de costa.

Clarck, F.K., Foster, C.T., Damon, P., (1979) basados en el trabajo anterior, extienden sus estudios hacia la mayor parte de la República Mexicana en un mapa realizado a escala 1:5 000 000 en sus trabajos no incluyeron las porciones centro-occidental, nororiental y oriental de la República Mexicana.

Campa, M.F., y Coney, P., (1983) superponiendo el mapa de terrenos estratotectónicos y realizado por ellos, sobre la carta metalogenética de la República Mexicana elaborado por Salas (1975), encontraron que existe un control del basamento sobre la distribución de los yacimientos minerales.

De la misma manera también se conocen algunos trabajos sobre metalogénesis más local, abarcando solo uno de los estados de la República Mexicana, entre ellos se encuentran los estudios de Campa, M.F. y Ramirez, J. (1979) del Estado de Guerrero; Echevarri, P. (1976) del Estado de Sonora; y Carrasco M. (1980) del Estado de Durango.

Por último, el Departamento de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, inició un proyecto en el cual se tiene contemplado realizar el estudio metalogenético de la República Mexicana; la metodología que se sigue en este proyecto, es seguir la subdivisión que existe por estados, formando con ello mosaicos que cubran totalmente el país.

El punto de partida de estos trabajos regionales se iniciaron con Nuñez, M.A. y Torres, R.V. (1984) realizando un trabajo sobre la metalogénesis regional de la porción suroccidental de México, dichos autores propusieron cuatro épocas metalogenéticas asociadas a marcos tectónicos definidos: Triásico-Jurásico con formación de yacimientos vulcanosedimentarios de cobre; Jurásico-Cretácico Inferior con yacimientos vulcanopolimetálicos; Cretácico Superior-Terciario Inferior con mineralización tipo metamórfico de contacto y Oligoceno-Mioceno con depósitos de tipo hidrotermal. Definieron por elemento metálico nueve franjas subparalelas a la línea de costa.

Gutiérrez, M.I. (1985) realiza un estudio metalogenético del Estado de Sinaloa en el cual establece dos épocas de mineralización fundamentales: Cretácico Superior-Eoceno Medio, caracterizada por el emplazamiento de yacimiento de tipo pórfido de cobre y yacimientos metasomáticos de contacto y Eoceno Tardío-Oligoceno con la generación de yacimientos de vetas hidrotermales.

Define que la distribución de los yacimientos minerales metálicos están representados por una franja metalogenética aurífero-argentífera y por tres zonas de menor importancia: zonas polimetálicas, zona cuprífero-ferrífera y zona cuprífera.

Menchaca de la F.J. (1986) presenta un análisis metalogenético regional de la Península de Baja California en cual establece que la distribución espacio-temporal y por contenido mineral de los yacimientos, están agrupados en seis franjas y cinco regiones metalogenéticas, ubicándola dentro de cinco épocas metalogenéticas: Triásico-Cretácico Inferior, región de cromo y magnesio, región cuprífero-aurífero; Cretácico Inferior-Cretácico

Medio, franja ferrífero-cuprífera, franja cuprífero-aurífera; Cretácico Superior-Eoceno, franja tungstenífera, franja aurífera, región aurífero-argentífera del Cretácico; Oligoceno, región fosforítica y Mioceno-Plioceno, franja manganésífera, región aurífero-argentífera, región del golfo, el boleó (Cu) y Lucífer (Mn).

La continuación de estos estudios lo constituyen el análisis metalogenético del Estado de Oaxaca, realizado por Schulze C. (1986); el análisis metalogenético del Estado de Zacatecas, realizado por Vázquez, T. R. (1990). El trabajo más reciente de metalogenia regional es el de tectónica del noreste de México y yacimientos minerales asociados, de Cruz Nochebuena E. (1991). Y el presente trabajo sobre el análisis metalogenético de los Estados de Puebla y Tlaxcala; cabe hacer mención que paralelamente ha este trabajo se están realizando los estudios metalogenéticos de la porción sureste de la República Mexicana y de los Estados de Guanajuato y Queretaro.

1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente trabajo tiene como objetivo primordial, delimitar con aproximación regiones donde se ubican localidades con concentración mineral a nivel regional.

Este modelo se generará a partir del análisis e interpretación de la información geológica-minera de los yacimientos que han sido explotados, asociada con la información geológica y tectónica del área, así como la aplicación de conceptos básicos de metalogenia.

En base a todo lo anterior se propone un modelo de distribución en espacio y tiempo de los principales elementos metálicos y tipos de yacimientos que los contienen, relacionando esta distribución con los procesos tectónicos y magmáticos que han tenido lugar en la zona.

1.3. METODO DE TRABAJO

-Recopilación bibliográfica de la información geológica-minera del área, contemplando los factores metalogenéticos más importantes de un yacimiento como son: localización geográfica, elemento metálico, roca encajonante, estructura, ambiente ígneo asociado, tipo y tamaño del yacimiento, ambiente metalogenético y época de mineralización.

-Elaboración de un plano geológico base a escala 1:500 000 compilado de diferentes autores sobre el cual se vació toda la información metalogenética.

-Sistematización de la información mediante el empleo del código de nomenclatura metalogenética propuesto por el Proyecto Circum-Pacífico (Geological Survey, 1980) para el cuadrante noreste, en base a las condiciones geológicas de México, la expresión gráfica del código se basó en la Carta Metalogénica de

Francia.

-Visitas a las localidades mineras más representativas del área.

-Definición de franjas y regiones metalogenéticas y determinación de la evolución tectónica de las mismas.

-Elaboración de la carta metalogenética sobre el plano geológico base.

-Elaboración del informe.

I.4. LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA

El área de estudio comprende los Estados de Puebla y Tlaxcala, ubicados entre los paralelos 17° 52' a 20° 51' de latitud norte y los meridianos 96° 44' a 99° 04' de longitud oeste.

Limita al norte y este con el Estado de Veracruz, al sur con los estados de Guerrero y Oaxaca, al oeste con los estados de Morelos y México y al noroeste con el Estado de Hidalgo.

La extensión aproximada que abarca el área de estudio, cubre en su totalidad a los Estados de Puebla y Tlaxcala y es de 37 833 Kilómetros cuadrados (fig. I.1).

I.5. VIAS DE ACCESO Y COMUNICACION

Las vías de acceso dentro de los estados de Puebla y Tlaxcala comprenden carreteras, ferrocarriles y aeropuertos las cuales están bien integradas lo que permite una buena comunicación entre casi todas las localidades con el resto de los estados del país, (fig. I.2).

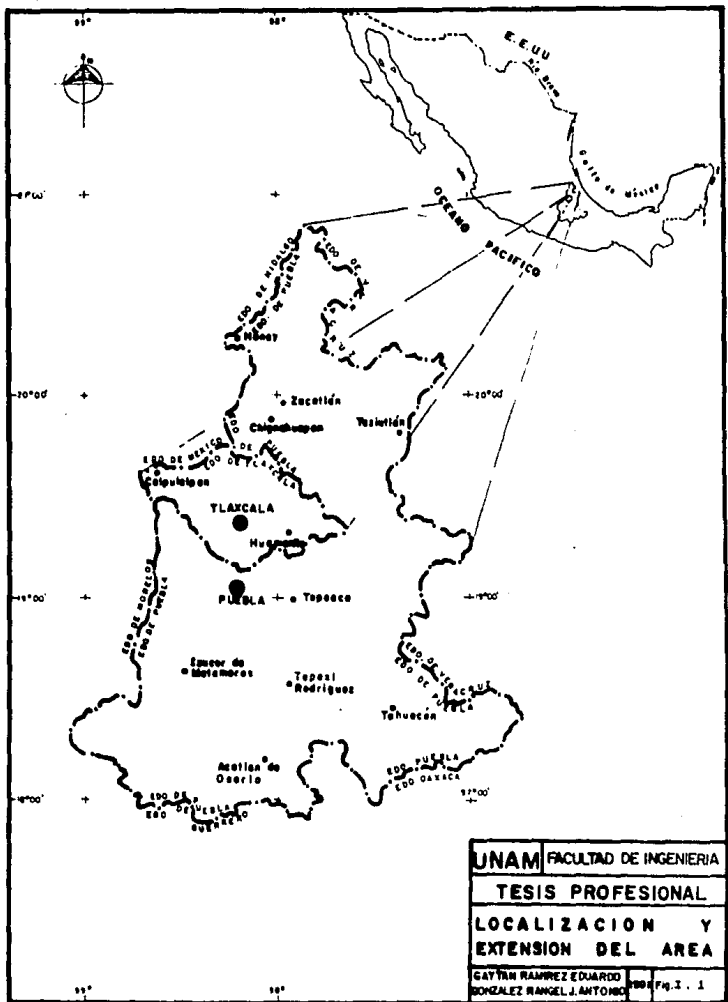
La red de carreteras principales está constituida por: la carretera federal de cuota 150 México-Puebla-Veracruz, casi paralela a esta pasa la carretera federal libre 150 que entra a la entidad de San Martín Texmelucan vía Tehuacán, ahí converge con la ruta federal 125 que proviene de Pinotepa Nacional ambas se dirigen al noreste como una sola carretera y sale por Acuitzingo Ver., De Tehuacán parte la carretera federal 135 que se enlaza con la ciudad de Oaxaca.

También de la carretera 190 México-Puebla-Oaxaca se deriva gran cantidad de caminos secundarios que surcan la porción sur y suroeste como la carretera 160 procedente de Cuernavaca, Mor. que converge en el entronque de Izúcar de Matamoros.

La parte centro-oeste y norte de la zona de estudio está comunicada por las carreteras:

- carretera federal 136 México-Tlaxcala-Veracruz
- carretera 125 México-Teziutlán-Martínez de la Torre
- carretera 130 Teotihuacán-Huauclínango-Poza Rica
- carretera federal libre 129 Puebla-Veracruz
- carretera 131 Teziutlán-Perote
- carretera 134 San Martín Texmelucan-Ocoxtoco.

El eje troncal más importante que va de sur a norte es la



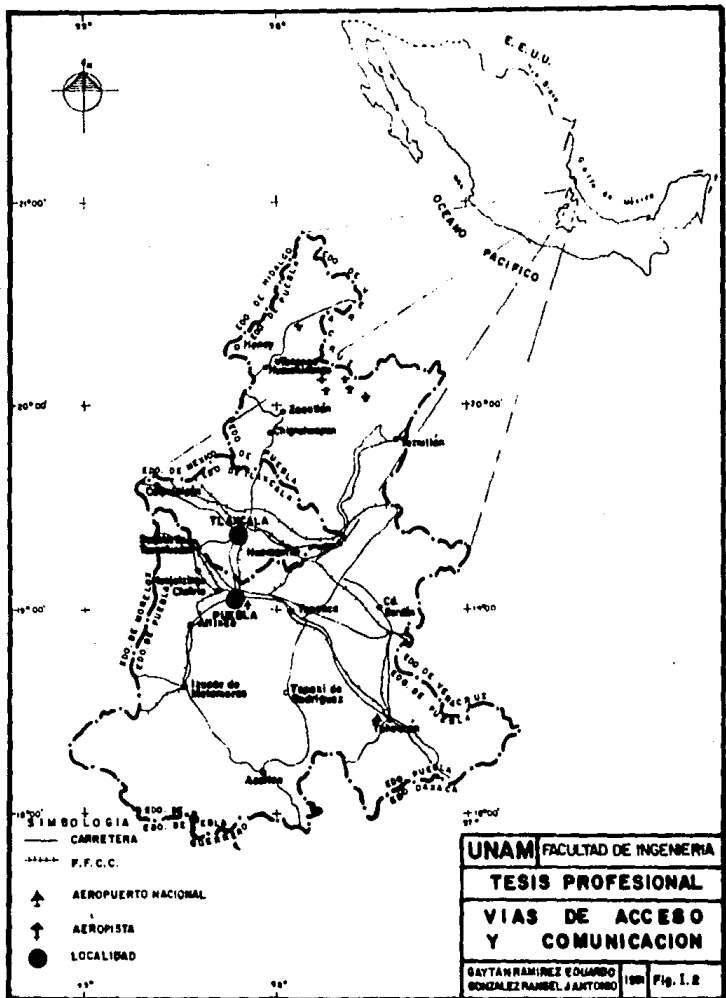
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

LOCALIZACION Y
EXTENSION DEL AREA

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
SOLANZ RAMIREZ J. ANTONIO

1988 Fig. 1. 1



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
VIAS DE ACCESO Y COMUNICACION	
GAYTAN RAMIREZ EDUARDO	
GONZALEZ RAMIREZ J ANTONIO	
1981	Fig. I. 2

carretera 119 que une la ciudad de Tlaxcala con la de Puebla.

Integrando las comunicaciones terrestres existen los ferrocarriles:

- México-Veracruz (vía Apizaco-Puebla)
- México-Veracruz (vía Mena-Tlaxcala-Jalapa)
- México-Veracruz (vía Orizaba-Córdoba)
- México-Puebla (vía Calpulalpan)
- México-Oaxaca (vía Actipan-Tehuacán)
- Apizaco-Puebla (ramal).

Por lo que respecta a vías aéreas la zona de estudio cuenta con dos aeropuertos uno situado en la Ciudad de Puebla y el otro en Tehuacán. Además posee un buen número de aeropistas diseminadas que dan acceso a las zonas más accidentadas de la región, entre las principales se encuentran Apizaco, Calpulalpan y Huamantla.

1.6. HIDROGRAFIA

Dentro del área de estudio quedan comprendidas varias regiones hidrográficas (fig. 1.3), que por su importancia y debido a su gran extensión y caudal, básicamente se pueden dividir en:

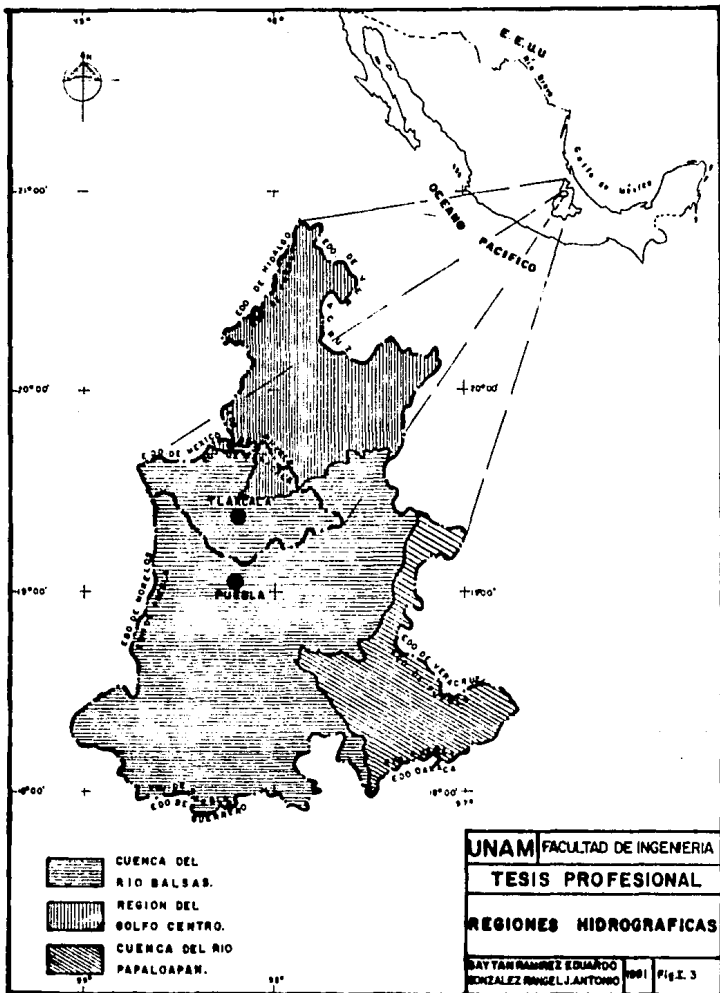
- a) Cuenca del Río Balsas
- b) Región del Golfo Centro
- c) Cuenca del Río Papaloapan

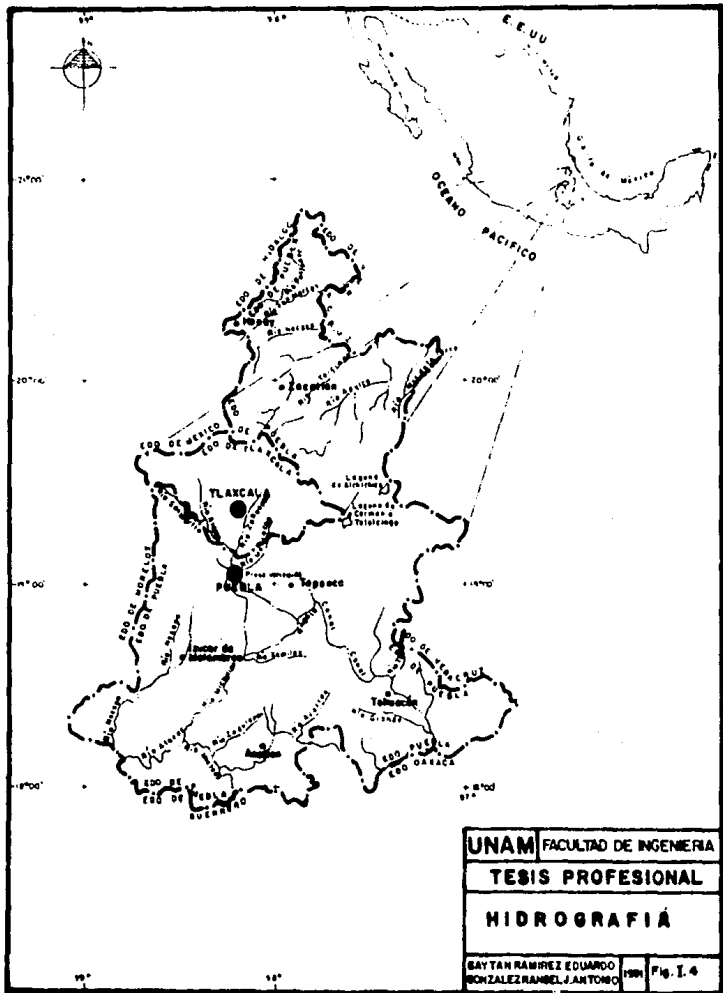
Cuenca del Río Balsas.- La región hidrográfica de la cuenca del Río Balsas está limitada por el Cinturón Volcánico Transmexicano, Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur. El Río Balsas nace en el Valle de Puebla formándose por los ríos San Martín o Río Frio (corriente pobliana) y el Zahuapan (corriente tlaxcalteca) a los que ya unidos se les conoce con el nombre de Río Atoyac.

Naturalmente en su largo recorrido recoge numerosas corrientes, grandes y pequeñas. Entre sus afluentes más importantes podemos mencionar a los ríos Atoyac, Aguila, Xonaca, Acatlán, Mixteco, Petlalcingo, Atila y Nexapa.

El Río Atoyac dentro del Estado de Puebla es aprovechado con el establecimiento del distrito de riego de Valsequillo localizado en la Presa Manuel Avila Camacho en el cañon llamado Balcón del Diablo. Este río, al internarse en el Estado de Guerrero, toma el nombre de Mezcala y, posteriormente, el de Río Balsas para desembocar en el Océano Pacífico. (fig. 1.4).

Región del Golfo Centro.- Esta región se localiza en la parte septentrional de la zona de estudio, formado por distintas cuencas parciales de ríos que desembocan en el Golfo de México, entre los principales se tiene a los ríos Pantel y Vinazco que riegan la región de Huauchinango. De la Sierra de Pahuatlán, en el Estado de Hidalgo, se desprende el Río San Marcos; al sur de Huauchinango nace con el nombre de Totolapa el Río Necaxa que a su paso hacia las presas de La laguna, Necaxa y Tenango que se alimentan con sus aguas, recoge afluentes caudalosos como la de los Ríos Zempoala,





UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

HIDROGRAFIA

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
SOZALEZ RAMBEL J. ANTONIO

1991 Fig. I.4

Apulco, Tlatahuiquí y Laxaxalpan. El Río Necaxa continúa por territorio veracruzano donde toma el nombre de Río Tecolutla.

En esta región hidrográfica es muy importante el distrito de riego Tetela de Ocampo y el sistema Hidroeléctrico del Río Necaxa que abastece de energía eléctrica principalmente al D.F. (fig. 1.4).

Cuenca del Río Papaloapan.- El curso superior del Río Papaloapan corresponde a los ríos Tehuacán y Tomellín, que con los afluentes del Río Zapotitlán o Río Grande y las de San Gabriel Chilac toman el nombre de Río Salado, reunidos cortan la Sierra de Zongolica y penetran al Estado de Veracruz con el nombre de Papaloapan, para verterse en la Laguna de Alvarado en el Golfo de México.

La región hidrográfica de la cuenca del Papaloapan constituye una de las más importantes del país, por su cercanía a la zona de mayor densidad demográfica y por sus probabilidades de crear energía eléctrica. (fig. 1.4).

1.7. FISIOGRAFIA

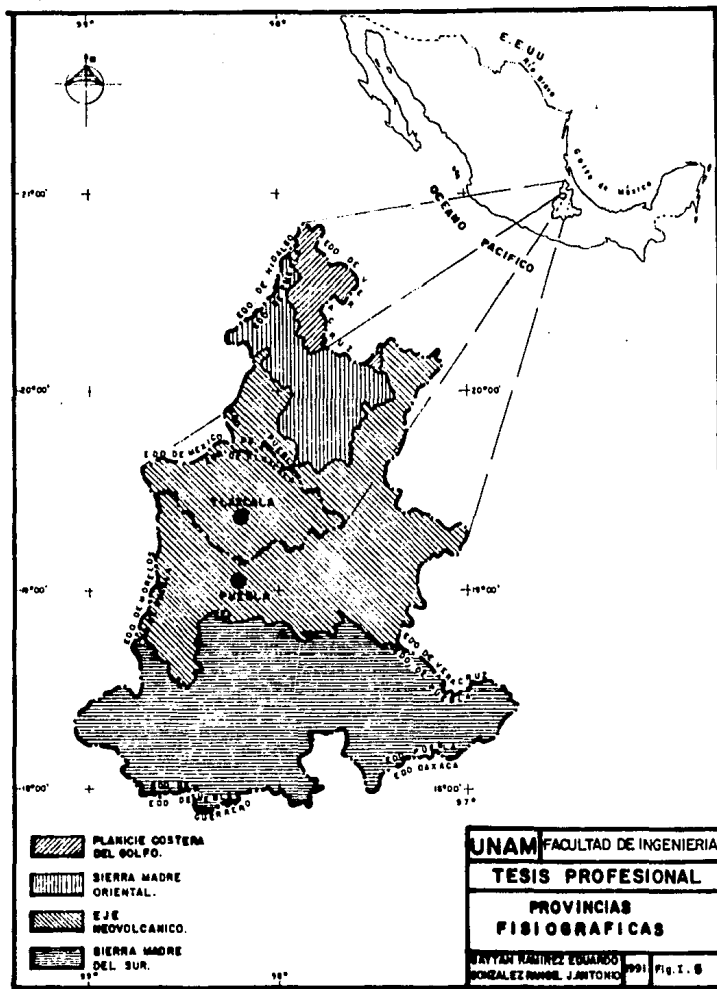
Dentro de la zona estudiada quedan comprendidas las provincias fisiográficas, Sierra Madre del Sur, Cinturón Volcánico Transmexicano, Sierra Madre Oriental y Planicie Costera del Golfo (Ralsz, 1964). (fig. 1.5).

La Sierra Madre del Sur está formada por toda la región montañosa que se encuentra desde el sur del Cinturón Volcánico Transmexicano hasta Tehuantepec, y se le ha considerado como un conjunto de grupos estructurales y estratigráficos de diferentes eras, interrelacionados de una manera compleja con una gran variedad de rocas. Está constituida principalmente por rocas metamórficas Paleozoicas representadas por metasedimentos, esquistos, gneises, cuarcitas y mármoles, rocas mesozoicas marinas sedimentarias y vulcanosedimentarias. Sobre todas las unidades anteriores se ha desarrollado una cubierta Terciaria consistente de lavas y piroclásticos.

Este trabajo cubre en su mayor parte la porción septentrional de la Sierra Madre de Sur, (fig.1.6) comprendiendo las subprovincias:

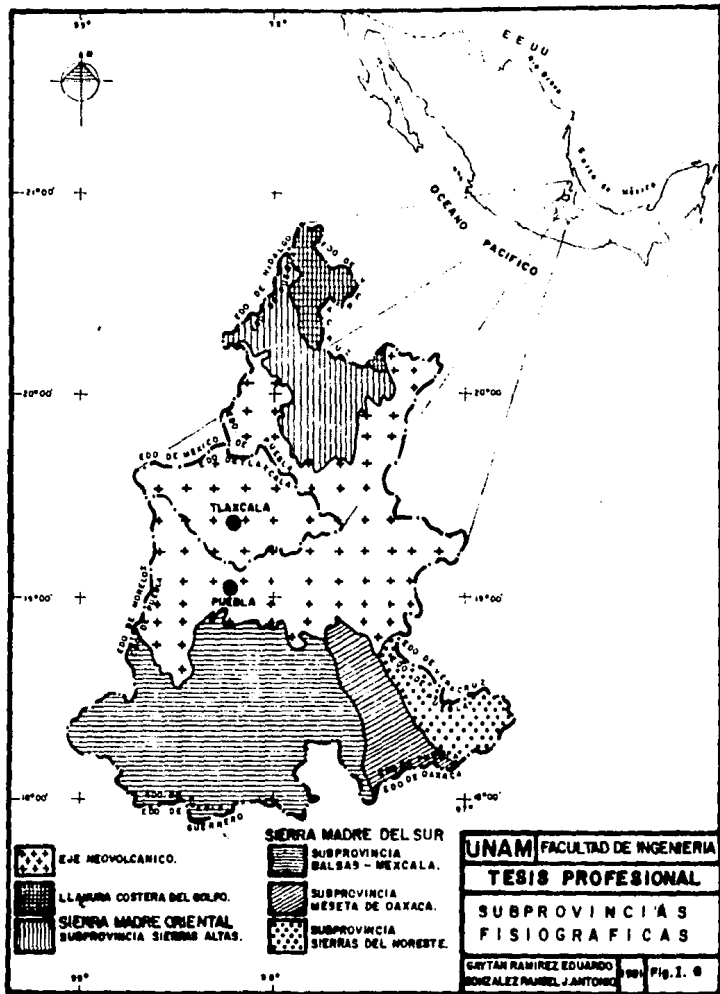
- Cuenca Balsas-Mezcala
- Tierras Altas de Oaxaca
- Sierras Plegadas del Noreste

La Cuenca Balsas-Mezcala orientada ESE-WNW tiene una forma en general alargada un poco más ancha hacia el este, los ríos que fluyen hacia el sur se abastecen en el borde sur del Cinturón Volcánico Transmexicano y descienden a una cuenca orientada E-W cerca de los límites con la meseta de Oaxaca, formada por profundos y sinuosos valles; los ríos principales que confluyen a esta cuenca son el Tepalcatepec y el Balsas-Mezcala, los cuales han labrado las sierras, en algunas partes, hasta de 3000 m y en sus partes más bajas de 300 a 600 m.s.n.m. dándole a esta cuenca una topografía muy abrupta. La cuenca que se ensancha hacia su



-  PLANICIE COSTERA DEL GOLFO.
-  SIERRA MADRE ORIENTAL.
-  EJE NEOVOLCANICO.
-  SIERRA MADRE DEL SUR.

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	
WAYYAN RAMIREZ EDUARDO	1991
GONZALEZ RAMOS J. ANTONIO	FIG. I. 6



parte oriental, pasa transicionalmente a la subprovincia de la meseta de Oaxaca. (Raisz, op. cit.).

La Subprovincia de las Tierras Altas de Oaxaca localizada al oeste de la provincia, constituye una meseta surcada por gran cantidad de rios hacia sus orillas y un valle central (Valle de Oaxaca). En la parte alta de esta subprovincia afloran rocas metamórficas Precámbricas y Paleozoicas, rocas sedimentarias mesozoicas, tobas y lavas andesíticas Terciarias y depósitos clásticos continentales Terciarios y Cuaternarios.

La Subprovincia de las Sierras Plegadas del Noreste se extiende desde las cercanías de la ciudad de Córdoba hasta Tehuantepec, al borde nororiental de la subprovincia de la meseta de Oaxaca. (Raisz, op.cit.).

Estas sierras no están conectadas con la Sierra Madre Oriental aunque se consideran una parte disgregada de la misma. Pero a diferencia de ésta, topográficamente es un conjunto montañoso más bajo y estrecho que desciende directamente a la meseta de Oaxaca.

Los pliegues que las constituyen están cruzadas por numerosos rios que corren de NE al SW (Raisz, op. cit.), manifestando así las dos direcciones de fracturamiento en la región, una NW-SE y la otra NE-SW.

La Provincia del Cinturón Volcánico Transmexicano queda comprendida en este estudio su parte centro-oriental. El Cinturón Volcánico Transmexicano forma una amplia franja volcánica Plio-Cuaternaria que cruza la República Mexicana desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico, con una orientación aproximada este-oeste y una elevación promedio de 2600 m.s.n.m.

Está formado por una gran variedad de rocas volcánicas que fueron emitidas a través de un importante número de aparatos volcánicos, la actividad volcánica en esta franja ha dado lugar a un gran número de cuencas endorréicas con el consecuente desarrollo de lagos.

Los principales aparatos volcánicos que se localizan en esta provincia son estratovolcanes de dimensiones muy variables como el Pico de Orizaba, el Popocatepetl, el Iztaccihuatl, Nevado de Toluca y el Nevado de Colima. Existen además aparatos del tipo conos cineríticos de gran abundancia en el Estado de Michoacán, domos riolíticos como los situados al suroeste de Guadaluajara.

Existen por otra parte algunas calderas tanto de colapso como de explosión, ejemplo de las más grandes son las de la Primavera en el Estado de Jalisco y la de Los Hornos en el Estado de Puebla, así como estructuras de horts y grabens como las de Tepic-Chapala-Colima.

Los principales fenómenos de esta Provincia están representados por las fallas y fracturas que acompañan a las emisiones volcánicas, la dirección principal del fracturamiento regional es aproximadamente E-W.

La Provincia de la Sierra Madre Oriental se localiza en la parte centro-oriental de la República Mexicana. La sierra constituye una faja montañosa orogénica que se extiende con un rumbo NNW-SSE desde las cercanías del Big Bend en Texas hasta las

inmediaciones de Jalapa donde se ve limitada por el Cinturón Volcánico Transmexicano. En su porción central, esta Provincia muestra una faja adyacente que corre hacia el oeste hasta la región de Nazas en el estado de Durango, conectándose con la Sierra Madre Occidental. En su segmento sur sigue una trayectoria NW-SE y a la altura de Monterrey se flexiona para seguir una trayectoria este-este hacia Torreón.

La Sierra Madre está compuesta de estrechos pliegues con una orientación que sigue el rumbo general de la Sierra.

Predominan en toda la provincia y zonas adyacentes rocas sedimentarias Mesozoicas, en muy escasos lugares aparecen afloramientos de rocas Paleozoicas y Precámbricas como en Peregrina, Tamps. y la región norte de Molango, Hgo.. En ciertos lugares la secuencia sedimentaria está afectada por pequeños cuerpos intrusivos de composición granítica y granodiorítica ó cubierta por rocas volcánicas andesíticas y basálticas.

Dentro del área de estudio queda comprendida la Subprovincia de las Sierras Bajas perteneciente a la Sierra Madre Oriental, formada por cordilleras que constituyen grandes anticlinales con flancos escarpados, atravesados a su vez por profundos cañones. hacia el sur la altura de estas cordilleras disminuye. Esta serie de sierras son paralelas a las de la Subprovincia de las Sierras Altas que la limita al oriente. (fig. 1.5)

La Provincia de la Planicie Costera del Golfo se extiende sobre la costa del Golfo de México, desde el Rio Bravo (en el tramo que va de Reynosa, Tamps. a su desembocadura) hasta Yucatán. Al norte y al sur de Veracruz la planicie costera está cortada respectivamente, por el Cinturón Volcánico Transmexicano y por el Macizo de los Tuxtlas encontrándose además limitada al poniente por la Sierra Madre Oriental (Raisz, op. cit.).

En distintos lugares, bordeando al litoral, aparecen materiales sedimentarios marinos no consolidados (arcillas, arenas, conglomerados, arenas limosas y lutitas) cuya edad aumenta conforme se alejan de la costa (desde el Cuaternario pasando por el Plioceno, Oligoceno y Eoceno del Terciario hasta el Cretácico) en la proximidad de la Sierra Madre Oriental.

Los sedimentos Terciarios presentan pocas deformaciones (plegamientos) con un echado regional característico con dirección hacia la costa, siendo notorio el engrosamiento de las formaciones en esa misma dirección.

En el área sur y sureste predominan las tierras bajas y pantanosas con algunos lomerios, se presentan también meandros abandonados y lagunas de poca profundidad, todos rasgos característicos de una llanura de inundación.

En el Estado de Puebla, se encuentra representada, en algunas áreas, por llanuras y lomerios que limita al oeste por la Sierra Madre Oriental. En esta zona, debido a la proximidad de la Provincia del Cinturón Volcánico Transmexicano; las llanuras están sepultadas bajo materiales basálticos que integran mesetas localizadas junto a la Sierra Madre Oriental; en ellas, los rios Necaxa y San Marcos han escarbado sus valles.

CAPITULO DOS

II. GEOLOGIA

II.1. GENERALIDADES

El área de estudio presenta características muy particulares ya que representa un espacio de contrastes que a través de su evolución geológica ha sido el centro de concurrencia de varios y muy complejos dominios geológicos. (fig. II.1)

Como indica Morán Z. (1981) recientemente se han efectuado divisiones de las diferentes provincias geológicas (terrenos estratotectónicos) del mosaico meridional de México, en un primer intento por caracterizar su basamento metamórfico (Ortega G.F., 1981) y la relación de este con las cubiertas Mesozoicas (Campa et al. 1981); Campa y Coney, (1983). (fig. II.2)

Esta disposición geológicamente contrastada parece guardar una correspondencia con la variedad de yacimientos económicos y el grado de complejidad en la forma y distribución de las Provincias Metalogenéticas.

En este capítulo se tratará de mostrar las características generales de la geología regional de los Estados de Puebla y Tlaxcala con la finalidad de establecer un análisis metalogenético integral.

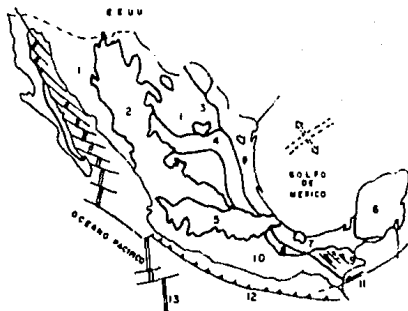
Es evidente la importancia del conocimiento estratigráfico dentro de un estudio metalogenético, de ahí la necesidad de establecer un marco general de la estratigrafía que permita ubicar la distribución y edad de los diferentes yacimientos, dentro de un contexto estratigráfico más objetivo. Se pretende que este marco estratigráfico muestre las características más sobresalientes de las diferentes unidades descritas.

II.2. ESTRATIGRAFIA

En el área de estudio afloran secuencias que atestiguan diversos dominios de varios niveles estratigráficos que en algunas regiones se observan sobrepuestos, esto hace que la descripción a nivel general resulte muy compleja. Por esta razón, para un mejor entendimiento del marco estratigráfico se ha subdividido en cuatro regiones:

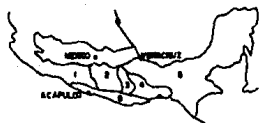
- Región Sur y Suroccidental
- Región Suroccidental
- Región Norte
- Región Centro-Meridional

que tratan sobre cada uno de los dominios que conforman la zona de estudio, (fig. II.3) de esta forma se facilita la descripción y la síntesis, ya que dentro de cada uno de estos dominios existen



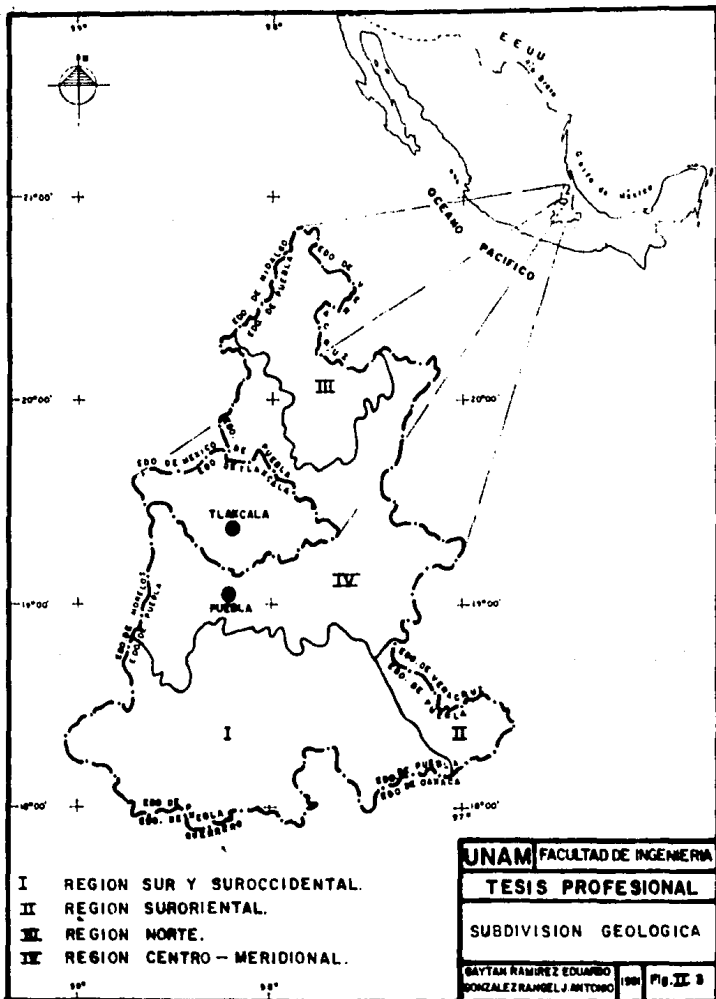
Principales elementos tectónicos de México expresados en la fisiografía. 1) Provincia de Cuencos y Sierras. 2) Sierra Madre Occidental. 3) Sierras y Valles de Coahuila. 4) Sierra Madre Oriental. 5) Cinturón Volcánico Transmexicano. 6) Plataforma de Yucatán. 7) Llanura Costera del Golfo. 8) Sierra de Juárez. 9) Sierra de Chiapas. 10) Sierra Madre del Sur. 11) Sistemas de Fallas Polochic-Matagua. 12) Trincheras de Acapulco. 13) Dorsal del Pacífico del Este.)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
DOMINIOS GEOLOGICOS	
GAYTAN RAMIREZ EDUARDO	
GONZALEZ RANGEL J ANTONIO	
199	Pág. II. I



Terrenos que forman el Mosaico Tectónico del Sur de México. 1) Terreno Guerrero. 2) Terreno Mixteco. 3) Terreno Oaxaca 4) Terreno Juaréz. 5) Terreno Maya. 6) Terreno Xolapa.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
MOSAICO MERIDIONAL DE MEXICO	
BAY TAN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RANGEL J. ANTONIO	1991 Pro. II. 2



condiciones estratigráficas y tectónicas más o menos homogéneas con límites bien definidos.

II.2.1. REGION SUR Y SUROCCIDENTAL

En esta zona se reconocen claramente dos bloques de basamento de diferente naturaleza, tanto por su petrología y edad como por su emplazamiento y la estratigrafía de sus diversas coberturas sedimentarias, conjuntos que se han llamado Terreno Mixteco y Oaxaca (Campa y Coney, 1983).

Al sur de Caltepec, Puebla F. Ortega (1978) encontró una franja de milonitas que ponen en contacto tectónico a los Complejos Oaxaqueño del Precámbrico y Acatlán del Paleozoico Inferior, que se extiende sobre el arroyo del Burro (en los Reyes Metzontla), y al oeste de Caltepec, por lo reducido de sus afloramientos y la poca importancia del Complejo Oaxaqueño, para los fines de este estudio se analizarán muy brevemente las características estratigráficas de este y su cobertura sedimentaria e ígnea.

II.2.1.1. TERRENO OAXACA

II.2.1.1.1. BASAMENTO CRISTALINO

Las rocas más antiguas que constituyen el basamento de la región sur pertenecen al Complejo Oaxaqueño, compuesto principalmente por un cuerpo anortositico basal y una secuencia arenosa y arcillosa con un metamorfismo de facies que varía de granulita a transición granulita-anfibolita (Ortega G. F., 1981).

Existen también incluidos en la secuencia charnokitas, y pegmatitas (Ortega G. F., op.cit.). Las edades radiométricas para este complejo caen en un intervalo de entre 900 y 1110 m.a. correspondientes al Proterozoico Medio, y que son similares a las rocas de la Provincia Grenvilliana de Norteamérica (Fries et. al., 1962; Fries y Rincon Orta, 1965; Anderson y Silver, 1971 y Ortega G. F., 1977).

Por esta razón varios autores lo consideran una prolongación meridional de esta provincia. En la tabla I se describen las principales características litológicas del Complejo Oaxaqueño.

II.2.1.1.2. COBERTURA SEDIMENTARIA PALEOZOICA

Sobre el Complejo Oaxaqueño en la región de Nochixtlán descansan en discordancia angular una secuencia de rocas sedimentarias marinas sin metamorfismo consistentes de calizas, lutitas y areniscas, que se les ubica en el intervalo Cámbrico-Ordovícico y que se les denomina Formación Tiñú (Pantoja y Robinson, 1967). La fauna tremodaciana reportada para esta

T A B L A I

TABLA I . SECUENCIA LITOLÓGICA DEL COMPLEJO OAXAQUERO

UNIDAD ESTRUCTURAL	GROSOR	PROTOLITO (ROCA ORIGINAL)	ROCA ACTUAL
1	1000 m	Granito, sienita, lamprófidos, psamatitas, inclusiones de "roca encajonante"	Charnoquitas bandeadas, gneis de sienita, anfibolitas, piroxeníticas intervalos alusínicos y calcáreos
2	4000 m	Lutitas, areniscas, intrusiones graníticas	Khondalita, gneis de biotita, gneises cuarzo-feldespáticos, intervalos charnoquítico
3	9500 m	Arcosas, lutita, dolomías margas, evaporitas, volcánicos de basalto y riolita.	Gneises cuarzo-feldespáticos con grafito, calcosilicatos, mármolrico en Mg, anfibolitas, granulita rica en F, granulitas de dos piroxenos.
4	0-200 m	Basamento antiguo	Migmatitas de alto grado.
5	+2500 m	Complejo anortosítico-gabroico en capas.	Orthogneises bandeados ricos en ilmenita y granate.

Tomado de Ortega G. P. 1974

formación según su afinidad paleogeográfica son característicos de la Gondwana (Whittington y Hughes, 1974).

Sobreyaciendo a la Formación Tiñú se encuentra en contacto discordante de tipo angular la Formación Santiago, consistente de calizas arenosas en su base, y calizas interestratificadas con areniscas calcáreas en su parte superior, que corresponden al Misisípico (Pantoja y Robinson, op. cit.). Por la abundancia de crinoides, briozorios y algas consideran los mismos autores que el depósito es de tipo arrecifal.

En contacto concordante y transicional sobreyaciendo a la Formación Santiago se encuentra la Formación Ixtaltepec definida por Pantoja y Robinson, (op. cit.) constituida por lutitas, areniscas y horizontes de caliza; la fauna es muy abundante compuesta de trilobites los cuales la ubican en el intervalo Pensilvánico Temprano y Tardío.

Sobre la Formación Ixtaltepec descansa con ligera discordancia erosional la Formación Yododeñe compuesta por una gruesa secuencia de conglomerados con intercalaciones de arenisca y limolita (Pantoja y Robinson, op. cit.), por su posición estratigráfica y considerando su carencia de fauna y flora fósil (Pantoja, 1970) se le asigna una edad Pensilvánica Tardía a Pérmico Temprano ó Medio.

Tomando como base todo lo anterior se puede decir que el ambiente de depósito de las formaciones Paleozoicas es de tipo costero y en ocasiones de tipo arrecifal, evidenciando transgresiones y regresiones marinas.

II.2.1.1.3. COBERTURA MESOZOICA

Al final del depósito de la Formación Yododeñe se inicia el levantamiento de la región y el retroceso de los mares Paleozoicos (Pantoja, op. cit.), atestiguado por la presencia del hiato que existe desde el Paleozoico Superior (Pérmico) hasta el Jurásico Medio, que se observa en la secuencia estratigráfica de la cobertura sedimentaria del Complejo Oaxaqueño.

La falta de depósito que existe es clara evidencia de que la zona se encontraba emergida. En el Paleozoico Superior las partes positivas formadas por las rocas Precámbricas y Paleozoicas eran erosionadas y sus fragmentos se depositaban en ambientes continentales dentro de la secuencia estratigráfica Mesozoica. La unidad inferior es una secuencia de capas rojas no fosilíferas con horizontes bentónicos y de probable origen continental que descansa discordantemente sobre el Complejo Oaxaqueño (Schlaepfer, 1970). Estas rocas constituyen la Formación Etlatongo considerada de probable edad Jurásica Temprana o Media, en base a su semejanza litológica con formaciones continentales en áreas vecinas.

La Formación Etlatongo está cubierta con ligera discordancia por calizas arcillosas y margas que muestran fauna del Neocomiano sedimentos que se correlacionan tentativamente con el Grupo Puebla del área de Tehuacán (Calderón, 1956). Las formaciones del Neocomiano y Aptiano del área de Oaxaca central y sur de Puebla

han sido incluidas dentro de este grupo; esto hace suponer que las margas y calizas arcillosas descritas por Schlaepfer op.cit. corresponden a la base del Cretácico Inferior y cubren el intervalo Neocomiano-Aptiano que pueden ser correlacionadas con la Formación Xonampanca.

Cubriendo al Grupo Puebla se encuentra la Formación Teposcolula definida por Salas (1949), quien la asignó al Jurásico Superior compuesta por calizas densas con nodúlos y lentes de pedernal con abundantes miliólidos que contienen horizontes delgados con gasterópodos y pelecípodos. Tomando en cuenta su contenido faunístico, Ferrusquia, Villafranca (1976) la ubica dentro del intervalo Albiano-Conaciano. Su contacto inferior con el Grupo Puebla es aparentemente discordante, y su contacto superior con las Formaciones Yucunama Tamazulapan y Yanhuítlan también es discordante; estas últimas corresponden a discordancias angulares y erosionales.

La Formación Teposcolula se correlaciona en parte con la Formación Yuhsi propuesta por González Alvarado (1970) y observada también por Hernández V. (comunicación personal, 1986) en las inmediaciones de Santa María Quiérolami, que la ubica en el intervalo Albiano-Conaciano, y que está compuesta por calizas negras micríticas con pocos bioclásticos y nódulos de pedernal, que afloran entre el Cañón del Tomellin y Nochixtlán.

11.2.1.1.4. COBERTURA CENOZOICA

La secuencia Mesozoica plegada de la Cuenca de Tlaxiaco está cubierta en discordancia angular por extensos afloramientos de depósitos continentales areno-conglomeráticos y arcillo-arenosos del Terciario y por rocas volcánicas silícicas, intermedias y máficas del Terciario Superior.

Los depósitos continentales terciarios han sido asignados a la Formación Tecamatlán formada por un conglomerado petromictico esencialmente calcáreo que se le asigna una edad Eoceno Tardio-Oligoceno Medio (Schlaepfer, 1970), y Formación Yanhuítlan formada por arcillas con algunas intercalaciones de arenisca y ceniza volcánica, que se ubican en el intervalo Paleoceno Tardio-Eoceno Medio (Ferrusquia, 1976).

Para el Oligoceno se desarrolló en varias localidades del Estado de Oaxaca un periodo de actividad volcánica que originó inicialmente la emisión de tobas silícicas e intermedias, y posteriormente derrames lávicos andesíticos. La actividad volcánica culminó con algunos derrames basálticos en el Terciario Superior.

11.2.1.2. TERRENO MIXTECO

11.2.1.2.1. BASAMENTO CRISTALINO

El Complejo Acatlán tal y como lo propone (Ortega G. F., 1978) se define como una unidad litoestratigráfica expuesta en la Mixteca de los Estados de Puebla y NW de Oaxaca, constituido según la división litoestratigráfica de Ortega G. F. (1978a) por los subgrupos petrotectónicos: Petlalcingo y Acateco cuyas edades corresponden al Paleozoico Inferior.

El Subgrupo Petlalcingo está constituido esencialmente por tres formaciones de origen metasedentario que en orden estructural de la base a la cima son: La Migmatita Magdalena, que tiene una composición cuarzo-feldespática-calcareo-pelítica; la porción neosomática (anatectica) de composición granítica y granodiorítica, y la porción paleosomática (protolito) formada por una sucesión de lutitas calcáreas, areniscas y dolomías.

Una zona transicional de esquistos de biotita inyectados marcan el contacto con la Formación Chazumba sobreyacente (Ortega G. F., 1975) compuesta esencialmente por esquistos pelíticos con intervalos de cuarcita, con un diquestrato de gabro diferenciado.

En aparente conformidad se encuentra sobreyaciendo la formación Cosoltepec compuesta por esquistos psamíticos y pelíticos con presencia de roca verde y rocas manganesíferas, representa el contacto superior con el Subgrupo Acateco (Ortega G. F., 1978).

El Subgrupo Acateco de acuerdo con Ortega G. F. (1975), consiste de dos formaciones; una de origen magmático y otra metasedimentaria. También en orden estructural de la base a la cima se tiene: La Formación Xayacatlán compuesta de metagabros bandeados, anfibolita, serpentina y eclogita en un conjunto que según Ortega (op. cit.) posiblemente representa un antiguo complejo ofiolítico y tiene gran importancia ya que alcanza facies de eclogita que es la primera vez que en México se reporta la presencia de rocas eclogíticas.

La Formación Tecomate se localiza en la porción estructuralmente superior discordante a la Formación Xayacatlán, (Ortega, Gutiérrez, 1980), compuesta de metagrauvasca, pelitas y semipelitas de origen parcialmente tobáceo con un miembro conglomerático y otro de metacaliza (impura con fragmentos de invertibrados fósiles) que sirven como horizontes índices de esta formación. El resto del Complejo Acatlán lo forman tres unidades graníticas que intrusionan a los subgrupos anteriores.

Granitoides Esperanza formados por granitos, aplitas y pegmatitas con intercalaciones de bandas sedimentarias y rocas verdes, en conjunto forman un complejo cataclástico de protomilonita, milonita y ultramilonita recrystalizada. Se propone que hayan sido emplazados sintectónicamente en el Paleozoico Temprano al nivel de las Formaciones Tecomate y Xayacatlán (Ortega G. F., 1978).

El Tronco de Totoltepec es de composición Tondhjemítica débilmente deformado y metamorfoseado y que estructuralmente se correlaciona con los Granitoides Esperanza, su origen probable se explica a partir de diferenciación de un gabro toleítico (Ortega G. F., op.cit.).

Fries et. al. (1970) señaló una edad de $440 \pm$ m.a. para este

intrusivo con lo cual se ubica en el Ordovícico.

Diques San Miguel conjunto de intrusiones tabulares de composición granítica y tonalítica cuyo origen se asocia a un solo evento postorogénico generado en la base del nivel de migmatización expuesto (Migmatita Magdalena) (Ortega G. F., 1978).

Los fechamientos geocronológicos obtenidos en algunas localidades del Complejo Acatlán han dado resultados que varían desde el Precámbrico Tardío hasta el Pérmico (Fries y Rincon Orta, 1965; Fries et. al., 1966; Fries et. al., 1970; Halpern et. al., 1974; Ruiz Castellanos, 1979; Cserna et. al., 1980), sin embargo el fechamiento (de 481 ± 9 m.a.) de Ruiz Castellanos (1979) en Morán Zenteno (1987) es de los pocos que se han obtenido con base a la construcción de isocronas (480 ± 16 m.a. y 484 ± 14 m.a.). Basado en los resultados isotópicos de Rb-Sr obtenido en los augenesquistos del área de Piaxtla Puebla, (Ruiz Castellanos, 1979; en Morán Zenteno, 1987), considera que la última etapa de metamorfismo que afectó al Complejo Acatlán fue hace 380 m.a. (Devónico Temprano); lo anterior es apoyado con el fechamiento de 385 m.a. obtenida por De Cserna (1980) por medio de una isocrona de Rb-Sr por lo anterior el Complejo Acatlán se ubica en el intervalo cámbrico-devónico.

11.2.1.2.2. COBERTURA SEDIMENTARIA PALEOZOICA

Descansando discordantemente sobre el Complejo Acatlán, en el área de Tehuacán se encuentra una secuencia de areniscas intercaladas con lutitas alteradas y conglomerados con fragmentos de rocas metamórficas e ígneas, que se denomina Formación Matzitzzi definida por Aguilera J. G. (1896), posteriormente fue redefinida por Silva Pineda (1970), situándola dentro del Pensilvánico. Las características litológicas que presenta la secuencia nos indica que se depositó en un ambiente continental. Es probable que la Formación Matzitzzi se correlacione en parte con la Formación Los Arcos (Olinálá), si se admite el alcance de esta última hasta el Pensilvánico como lo ha propuesto Flores de Dios y Buitrón (1982).

La Formación Los Arcos ha sido definida por Flores de Dios y Buitrón (1982), quienes la ubicaron estratigráficamente en el intervalo pensilvánico-pérmico y le aplicaron el nombre de Olinálá, y por Corona Esquivel (1981) quien le aplicó la denominación de Formación Los Arcos y la ubicó en el Pérmico, esta unidad está constituida por una secuencia de capas de conglomerado, arenisca, limolita y caliza, en la se encuentran abundantes fósiles de crinoides, braquiopodos, fusulinidos y amonitas (Corona-Esquivel, 1981 y Flores de Dios y Buitrón, 1982).

La Formación Los Arcos (Olinálá) se ha reconocido solamente en las localidades de Olinálá, Mixtepec (Flores de Dios y Buitrón, 1984) y Progreso (Enciso de la Vega, 1984). Se ha reportado en los dos casos sobreyaciendo en discordancia sobre el Complejo Acatlán. Se ha reconocido una nueva localidad del Paleozoico Superior marino localizada al sureste de Izúcar de Matamoros (Vázquez-Echeverría, 1986), en este lugar está expuesta una

secuencia formada principalmente por areniscas y limolitas con algunos cuerpos de caliza biomicrítica y conglomerado. La secuencia contiene abundantes macrofósiles de braquiópodos, crinoides y amonitas que en conjunto dan un alcance estratigráfico del Misisípico al Pérmico. Esto permite inferir que el proceso de sedimentación continental que dio origen a la Formación Matzitzí tuvo su contraparte marina hacia la porción norte y probablemente central del Terreno Mixteco.

11.2.1.2.3. COBERTURA MESOZOICA

Durante el Permo-Triásico el Terreno Mixteco parece haber estado totalmente emergido a consecuencia de un levantamiento orogénico seguido de una fase volcánica desarrollada en alguna etapa de este intervalo, expresados por La Ignimbrita las Lluviás y la Formación Diquiyú (Morán Zenteno, 1987), que afloran en la parte nororiental del Estado de Guerrero y noreste de Oaxaca.

La primera formada de tobas e ignimbritas de composición ácida a intermedia que cubren con discordancia a la Formación Los Arcos, por el momento no se dispone de evidencias paleontológicas ni determinaciones radiométricas que aportara su edad. Por estar discordantemente sobre la Formación Los Arcos y debajo del Conglomerado Cualac podría decirse que su edad es post-pérmico tardía y pre-jurásica media (Corona Esquivel, 1983).

La segunda nombrada informalmente por Morán Zenteno (op.cit.), como Formación Diquiyú reconocida previamente por Erben (1956), está constituida por derrames y piroclastos andesíticos, cuya edad por relación estratigráfica se considera postdevónica-prejurásica.

Como puede observarse no es posible precisar si las formaciones mencionadas forman parte de un solo evento, ni su posición dentro del intervalo. La supuesta edad Triásica que se ha considerado para las dos unidades sería congruente con el hecho de que durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano tuvo lugar el desarrollo en mayor o menor grado de vulcanismo en México (Corona Esquivel, 1981, 1984).

A finales del Jurásico Inferior ocurren los primeros episodios de sedimentación continental, la base de la secuencia Mesozoica que aflora en la Cuenca de Tlaxiaco la representan los sedimentos detríticos de la parte inferior de la Formación Rosario, que además presenta horizontes de carbón (Erben, 1956), contiene una abundante flora fósil que ha sido considerada del Toarciense.

Sobre la Formación El Rosario descansa concordantemente el Conglomerado Cualac definida por Erben (1956b), constituida por capas de conglomerado de cuarzo, existen en forma subordinada líticos de esquisto y gneis. La edad de esta formación se ubica en base a relaciones estratigráficas y es Aaleniano-Bajociense Inferior.

El Conglomerado Cualac y la Formación El Rosario pertenecen al jurásico medio, ambas constituyen lo que originalmente Erben

(1956b) definió como el Grupo Consuelo, puede decirse que el depósito de estas unidades sobre el Terreno Mixteco es quizá uno de los rasgos más característicos que lo distinguen de los demás.

El Grupo Tecocoyunca definida por Erben (1956b) sobreyace al Conglomerado Cualac en un contacto transicional el cual pasa de sedimentos detríticos a sedimentos terrígenos más finos de ambientes mixtos y finalmente a marinos; la edad en la cual se ubica a este grupo es del Bajociano Inferior al Calloviano.

Erben dividió al Grupo Tecocoyunca en cinco formaciones surgidas de los contrastes faunísticos y en menor grado litológicos. La parte inferior del Grupo Tecocoyunca está constituido por las formaciones Zorrilla y Simón compuestas esencialmente de capas de areniscas y lutitas con abundante flora fósil (Wieland, 1913, 1914). La Formación Taberna esta constituida por lutitas, lutitas calcáreas y calizas con abundantes fósiles de amonitas y pelecipodos (Burkhart, 1927; Erben, 1956b; Ochoterena, 1966). La parte alta del Grupo Tecocoyunca incluye de acuerdo a la división de Erben (1956b), las Formaciones Otatera y Yucuñuti que presentan además de capas detríticas de arenisca y limolita, calizas limolíticas y arenosas. La fauna más significativa de amonitas en esta secuencia proviene de la Formación Yucuñuti (Erben 1956b).

La Formación Tecamazuchil definida por Pérez-Ibarguengoitia (1965) que esta constituida hacia su base por un conglomerado de cuarzo y clastos de rocas metamórficas, con una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas hacia su parte superior. La edad que se le asigna a esta unidad es del jurásico medio y es inferida del hecho de que esta unidad subyace según un contacto transicional a la Caliza Chimeco del Oxfordiano. La Formación Tecamazuchil se correlaciona con el Grupo Tecocoyunca, aunque la parte inferior es correlativa probablemente con el Conglomerado Cualac.

Al oeste del Área de Tlaxiaco ha sido reconocida una secuencia de biomicrota y biointramicrita con contenido variable de arcilla, con intercalaciones de coquinas de bivalvos (Carrasco, 1981), denominada por Erben (1956) como Caliza con *Cidaris* asignándosele una edad Oxfordiana (Buitrón, 1970), aunque la autora señala que probablemente la secuencia alcance la parte alta del Calloviano y la base del Kimerigdiano. La Caliza con *Cidaris* se correlaciona dentro del Terreno Mixteco con la Caliza Chimeco y según Erben (1956b) descansa sobre la Formación Yucuñuti mediante un contacto concordante y transicional.

A finales del Jurásico Superior en algunas zonas de la Cuenca de Tlaxiaco principalmente en el sur de Puebla se depositaron las Formaciones Chimeco y Mapache definidas por Pérez-Ibarguengoitia y colaboradores (1965). La primera formada por calizas arcillosas se le asigna edad correspondiente al Oxfordiano, basados en pelecipodos característicos de este piso, sus contactos inferior y superior son concordantes con las Formaciones Tecamazuchil y Mapache respectivamente. La segunda compuesta por calizas arcillosas interestratificadas con limolitas y lutitas calcáreas, esta unidad ha sido considerada como del Kimerigdiano-Portlandiano

por su contenido faunístico de pelecípodos (Pérez-Ibarquengoitia, op. cit.), sobreyace en concordancia a la Caliza Chimeco y subyace discordantemente a la caliza Morelos, dentro del Terreno Mixteco se correlaciona con la Formación La Virgen del Área de Tezoatlán.

Los sedimentos del Cretácico Temprano (Neocomiano-Aptiano) son escasos en la mayor parte de la Cuenca de Tlaxiaco lo que hace suponer que estuvo emergida durante este tiempo; sin embargo se llegan a presentar sedimentos marinos del Neocomiano Tardío, repretados por el Grupo Puebla (Calderón, 1956) el cual lo dividio en dos formaciones: La Formación Zapotitlán y la San Juan Raya (probablemente interdigitada con la Formación Miahuatpec).

La Formación Zapotitlán definida por Aguilera (1906) y descrita con más detalle por Calderón (1956), como una secuencia de lutitas calcáreas con intercalaciones de margas grises y por bancos gruesos de caliza. Este autor apoyó la idea original de Aguilera de considerar a esta unidad como perteneciente al Barremiano y la dividió hacia el área de San Sebastian Frontera del Estado de Puebla en dos miembros; el inferior denominado Agua del Burro y el superior Agua del Cordero.

La Formación Zapotitlán subyace concordantemente a la Formación San Juan Raya, que dentro del Terreno Mixteco se correlaciona probablemente con la Formación San Isidro del norte de Daxaca y con la Formación Tiaquiltpec del área de Oliná-Huamuxtitlán.

La Formación San Juan Raya denominada originalmente por Aguilera (1906), y posteriormente Calderón (1956) aplicó la misma denominación y la describe como una secuencia de lutitas calcáreas de color gris con intercalaciones de capas delgadas de arenisca calcárea y lentes de coquina de ostreidos. Se considera que con referencia a su contenido faunístico la secuencia podría representar al Aptiano Inferior y parte del Superior. Esta unidad subyace discordantemente a la Formación Cipiapa y sobreyace concordantemente a la Formación Zapotitlán y se correlaciona dentro del Terreno Mixteco con las Formaciones Zicapa y Anhidrita Huitzuc.

A partir del Albiano ocurre en el área del Terreno Mixteco, así como en gran parte de Norteamérica una importante transgresión marina que propicia el desarrollo de una plataforma calcárea en toda su extensión y hacia el área del Terreno Daxaca.

Se han interpretado zonas con desarrollos arrecifales y zonas con una sedimentación relativamente profunda con organismos plantónico y bentónicos (Ferrusquia-Villafranca, 1976).

Durante el intervalo Albiano-Cenomaniano tienen lugar depósitos correspondientes a calizas en capas gruesas desarrolladas en un mar transgresivo, estas calizas han recibido diferentes denominaciones en áreas distintas.

Calderón (1956) designó como Formación Cipiapa a una amplia secuencia de calizas masivas de naturaleza micrítica y biomicrítica con algunos nódulos de pederñal e intercalaciones delgadas de margas que afloran en la región de Tehuacán. Ferrusquia (1970) designó como caliza Teposcolula a una biomicrítica con nódulos y lentes de pederñal, este autor la ubica dentro del

intervalo Albiano-Conaciaco que aflora en el área homónima, finalmente Pérez-Ibarquengoitia y colaboradores (1965) aplicaron a estas calizas el nombre de Formación Morelos en la región de Acatlán al relacionarlas con las calizas del Albiano-Cenomaniano que afloran en la plataforma Guerrero-Morelos. Las condiciones de sedimentación calcárea perduran y se desarrollan con el depósito de la Formación Cuautla (Fries, 1960), compuesta por biomicritas en estratos gruesos a masivos, con abundantes radiolarios y foraminíferos. Con base a esta fauna fósil se le ubica en el Turoniano.

Para el Cretácico Tardío se tienen los últimos depósitos marinos representados por una caliza margosa denominada por Ferrusquia (1976) como Formación Yucunama, que presenta fósiles del intervalo Coniaciano-Maestrichtiano y aflora al noreste de Nochixtlán, esta formación se correlaciona con las Margas Tilantongo que afloran al sureste de Nochixtlán y con la Formación Mezcala de la plataforma Guerrero-Morelos.

11.2.1.2.4. COBERTURA CENOZOICA

Al comenzar el período Terciario durante el Paleoceno y Eoceno Inferior, la actividad de los movimientos de la corteza terrestre de la Orogenia Laramide se incrementaron notablemente, acelerando el plegamiento y el levantamiento de las formaciones paleozoicas y mesozoicas. Consecuentemente para el terciario temprano la región se encontraba emergida y sujeta a un rápido proceso de erosión y fracturamiento, que da lugar a potentes depósitos continentales cubriendo discordantemente a las formaciones anteriores, estos depósitos están constituidos por arenas conglomeráticas, conglomerados con fragmentos de rocas volcánicas y calcáreas e intercalaciones de estratos de caliza arcillosa, lutitas calcáreas y ceniza volcánica.

La distribución de estos depósitos continentales es muy amplia cubriendo grandes extensiones de terreno en los Estados de Guerrero, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca y México.

Dentro del área de estudio se definieron a estos depósitos como Formación Tehuacán definida por Calderón (1956) y por Grupo Balsas propuesto por Fries (1960). A su vez estas se correlacionan con las Formaciones Yanhuitlán y Huajuapán (Salas, 1949), en el Estado de Oaxaca.

La edad de estos depósitos continentales no ha sido precisada por la ausencia de fósiles; sin embargo por la semejanza entre ellas y la posición estratigráfica con otras formaciones se les ubica en el intervalo Eoceno-Oligoceno Inferior.

Posteriormente a la sedimentación de las unidades anteriores la zona estuvo sometida a un fracturamiento intenso caracterizado por una gran actividad volcánica que constituyeron la emisión de tobas silíceas e intermedias, depósitos de piroclásticos y derrames lavicos de composición andesítica. Ubicando estos eventos en el intervalo Mioceno-Plioceno.

La actividad volcánica continuó hasta finales del Terciario

Superior y principios del Cuaternario con algunos derrames basálticos y la formación de rocas volcanoclasticas de composición compleja. Cabe hacer mención que muy pocas unidades litológicas han sido descritas como formaciones é inclusive, frecuentemente se les ha confundido con sedimentos recientes.

Se considera que en el cuaternario, la erosión es el agente que más ha actuado en la conformación de las estructuras del área de estudio.

II.2.2. REGION SURORIENTAL

II.2.2.1. TERRENO JUÁREZ

El Terreno Juárez denominado por Campá y Coney (1983) forma el núcleo de la sierra homónima, su distribución va de Tehuacán al norte donde se pierde al quedar cubierto por el Cinturón Volcánico Transmexicano, hasta el sur en la región del Istmo de Tehuantepec.

La porción norte de la Sierra de Juárez (Sierra Mazateca) es la que aflora en la zona de estudio, por lo que el análisis estratigráfico se enfocara hacia esa porción.

En esta sierra no se han reportado rocas del basamento, pero de acuerdo a P. J. Coney (1983) la margen oriental de México está formado por rocas metamórficas y/o intrusivas de tipo Apalachiano del Paleozoico Inferior, que se piensa esten actuando como basamento de la secuencia Mesozoica.

Este Terreno está compuesto por conjuntos sumamente deformados de rocas sedimentarias y volcánicas marinas, con algunos cuerpos ultramáficos serpentinizados (Carfantán, 1983), la edad asignada para este terreno va del Jurásico Superior al Cretácico Inferior (Valanginiano) (Charleston, 1980; Carfantán, 1983).

II.2.2.1.1. ERA MESOZOICA

El Jurásico Superior se encuentra expuesto en el área de Zongólica (Viniestra, 1965) en forma de secuencias marinas de cuerpos de caliza y lutitas bituminosas con algunos horizontes intercalados de calizas areno-arcillosas. Esta unidad fué propuesta por E. Mena (1960) como Formación Tepexilotla, y el mismo autor reconocio fósiles de amonitas que ubican a esta secuencia entre el Kimmeridgiano-Tithoniano, según Barrientos (1985) la Formación Tepexilotla sobreyace en contacto tectónico a calizas del Cretácico Inferior (cerca del poblado de Sta.Cruz Acatepec), y su contacto superior es concordante con la Formación Chivillas.

La Formación Chivillas propuesta originalmente por Pano (1973) y estudiada posteriormente por Carrasco (1978) y Toriz (1984). Es analizada más recientemente por Pano y Alzaga (1989) describiéndola y agrupándola en dos miembros uno inferior y otro

superior.

El miembro inferior caracterizado por presentar sedimentos vulcanoclasticos el cual puede diferenciarse en dos litofacies: una volcánica constituida de rocas espiliticas emplazadas en un medio acuoso y otra sedimentaria de cuenca formada por areniscas feldespáticas, limolitas y en menor proporción "wackestone" de microfósiles. Un miembro superior terrigeno formado por areniscas, areniscas gravillentas y conglomerados gravillentos.

Considerando la microfauna que contienen estas rocas (Pano y Alzaga, 1989) y los fechamientos radiométricos en la porción ígnea de esta formación (Toriz, 1984), se puede decir que la Formación Chivillas queda ubicada en el intervalo Jurásico Tardío (Tithoniano) al Neocomiano (Barremiano).

La Formación Chivillas es correlacionable al oriente, en la plataforma de Córdoba con las formaciones Tepexilotla y Xonamanca, su contacto inferior es concordante y transicional con sedimentos del Jurásico Superior y su contacto superior es por falla inversa con rocas metamórficas del Barremiano (Barrientos, 1985).

Dentro de la Cuenca de Zongolica la Formación Chivillas, presenta depósitos constituidos por facies vulcanoclasticas previamente descritas, evidenciando que la sedimentación estaba controlada por procesos volcánicos tanto subaéreos como subacuáticos, la porción sedimentaria de la Formación Chivillas durante el Jurásico Superior-Cretácico inferior podría ubicarse dentro de un marco tectónico de ambiente de cuenca marginal ó post-arco.

La Formación Tuxpanguillo (Xonamanca) definida por Mena y Flores en Viniegra (1965) y en López-Ramos (1979), en el que este último autor hace notar que este nombre ya no se utiliza y en su lugar se toma el de Formación Xonamanca.

Barrientos (1985) indica que en el área de Tepexilotla, Puebla, Salinas (1960) y Mena (1960) señalan que del Tithoniano al Neocomiano se presenta en forma transicional con una secuencia calcárea. En la Sierra Mazateca, Barrientos (1985) sugiere que hay rocas similares, constituidas por calizas de textura packstone con bandas de pedernal y estilolitas, que se intercalan con lutitas y horizontes areno-calcáreos. No se encontraron fósiles en esta sierra, pero en base a estudios de Salinas (1960) y Barrientos (1985), reportaron fauna fósil correspondiente a el Neocomiano, esta unidad subyace a rocas del Jurásico Superior por falla inversa y sobreyace por el mismo tipo de estructura a rocas del Aptiano.

La Formación Tuxpanguillo es posible correlacionarla en parte con la Formación Chivillas y con el Grupo Sabinal de Tlaxiaco.

A principios del Neocomiano, se tienen dos tipos de sedimentación, ya que se depositan concordantemente sobre el Jurásico Superior dos secuencias de dominios sedimentarios diferentes, en la parte occidental un dominio volcanosedimentario y en la oriental un ambiente marino de facies de talud (Barrientos, 1985).

Al parecer las condiciones marinas continuaron en todo el Cretácico, ya que no se logró observar el cambio del Neocomiano al

Aptiano a causa del intenso plegamiento que se observa en las unidades (Barrientos, op.cit.), pero es posible que las condiciones de depósito sean similares en el Aptiano como lo indica J. V. Flores (1965, en López Ramos, 1979) "El paso del Neocomiano al piso inmediato superior Aptiano es transicional, a tal grado que no se pudo apreciar en el campo ningún cambio litológico y solamente por paleontología se pudo fijar el Cretácico".

En campo (Barrientos, op.cit.) observo calizas de color gris de textura packstone a wackestone en estratos delgados con bandas de pedernal, que son similares a las descritas por Flores y Mena (en Viniegra, 1965 y en López Ramos, 1979), quienes la definen informalmente como Formación Capolucan. Barrientos (1985) reporta dos tipos de microfósiles en esta unidad que indican edad Aptiana y apoyándose en los trabajos de S. Salinas (1960) y López Ramos (1979) se puede establecer con seguridad esta edad.

De acuerdo con la descripción, no hay diferencia litológica entre esta unidad y la anterior (Tuxpanguillo) por lo que se piensa que corresponda a una sola formación correlacionable con la Tamalipas Inferior (Neocomiano-Aptiano).

Un hecho notable en todo este paquete sedimentario es el tipo de contactos, en donde se ha descrito un cabalgamiento entre las unidades, y como se puede notar este tipo de contacto es muy común en la Sierra Mazateca.

La Formación Orizaba, unidad definida por Bose (1899) y redefinida por Viniegra (1965) en López-Ramos (1979) como una secuencia de calizas arrecifales y que en el área de la Sierra Mazateca, Barrientos (1985) describe a esta unidad como calizas de plataforma de textura wackestone a packstone de estratos medios a gruesos, encontrándose en la superficie de la roca, abundante fauna fósil mal conservada de rudistas y fragmentos de moluscos. Con las muestras del área no fue posible determinar su edad, pero en base a estudios anteriores hechos por G. Moreno (1980) y J. A. Patiño (1978) de esta secuencia, se ha ubicado en el intervalo Albiano-Cenomaniano. En la Sierra Mazateca el paso de las rocas del Aptiano y del Albiano no ha sido bien observado debido al contacto tectónico que existe entre ellas, en campo se pudo observar el contacto inferior que es tectónico desconociéndose la naturaleza del contacto superior (Barrientos, 1985).

Las condiciones de depósito en la parte oriental de la sierra no variaron y parece que el desarrollo de la plataforma se extiende hasta finales del Cretácico Superior (Formaciones Guzmantla y Atoyac).

11.2.3. REGION NORTE

Esta región comprende lo que es la parte sur de la Sierra Madre Oriental que abarca dos subprovincias que son, Sierra Madre Oriental y Cuenca Tampico-Mizantla (López Ramos, 1979). (fig. 11.5).

Las rocas que afloran en el área de estudio, comprenden una secuencia sedimentaria que se depositó y evolucionó sobre un

basamento precámbrico y paleozoico.

El basamento precámbrico y paleozoico se encuentra en afloramientos aislados que constituyen ventanas erosionales en la secuencia mesozoica plegada.

El basamento esta constituido por las rocas mas antiguas encontradas en la región y estan representadas por gneises, esquistos y algunos metaconglomerados. El gneis tiene color gris a ligeramente verdoso, con abundantes cristales de granate; otro tipo de gneis es granatífero con laminillas de mica de color gris claro, ligeramente verdoso y se encuentra cubierto por un conglomerado mal clasificado compuesto por fragmentos de cuarzo y gneis, cementado por silice de color café rojizo.

Estas rocas han sido clasificadas por Carrillo Bravo, (1965) como gneis de granito, gneis de feldespato y metaconglomerados.

La edad que se les asigna a estas rocas metamórficas, son más antiguas al carbonífero y por similitud con rocas del mismo tipo que afloran en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina se le asigna una edad Precámbrica. (Carrillo Bravo, 1965).

II.2.3.1. PALEOZOICO

En lo que respecta a rocas de edad Paleozoica, solamente se reportaron rocas del Pérmico, ya que no se encuentran rocas del Paleozoico Inferior, en los estratos Pérmicos predominan las lutitas, areniscas y conglomerados.

Las rocas que se originaron en el Pérmico, estan constituidas por sedimentos arcillo-arenosos de tipo flysch y se localizan algunos horizontes fosilíferos, estas rocas se formaron en el Pérmico Inferior y estan representadas por la Formación Guacamaya.

II.2.3.1.1. FORMACION GUACAMAYA

Es una potente sección de sedimentos compuesta por una secuencia ritmica de areniscas, conglomerados y lutitas de color gris oscuro, negro y gris verdoso.

Esta formación se encuentra aflorando cerca de la zona de Huauchinango Pue. y esta compuesta por mas de 2000 m de lutitas de color negro en capas de espesor delgado, medio y grueso y en ocasiones se presenta en forma bandeada, alterna con estratos delgados, medios y gruesos de arenisca de color gris oscuro y negro las cuales intemperizan en gris parduzco, se observan potentes bancos de gravas de grano grueso a conglomeratico de color gris y gris verdoso, intercalado en lutitas y areniscas se encuentran cuerpos delgados de calizas de grano medio y color gris en capas medianas y gruesas con abundantes fusulinidos y fragmentos de crinoides.

Estas rocas pérmicas subyacen discordantemente a la Formación Huizachal y en otros casos descansan sobre ella las capas del Jurásico

**PROVINCIA
GEOLOGICA**

**SUB-PROVINCIA
GEOLOGICA**

- XIII ALTIPLANO MEXICANO (meso central)
- XIV PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO
- XV EJE NEOVOLCANICO
- XVI CUENCA DE GUERRERO
- XVII CUENCA DE TLAXIACO
- XVIII CUENCA DE VERACRUZ
- XIX SIERRA MADRE DEL SUR Y ALTIPLANO DE OAXACA
- XX SURESTE DE MEXICO
- XXI PLATAFORMA DE YUCATAN-CAMPECHE
- XXII SAN ANDRES TUXTLA

- XXIII Sierra de Juárez
- XXIVa Porción S del Istmo de Tehuantepec
- XXIVb Cuencas Terciarias del SE
- XXIVc Sierra de Chiapas
- XXIVd Macizo de Chiapas
- XXIVe Planicie Costera de Chiapas



**PROVINCIA
GEOLOGICA**

I BAJA CALIFORNIA

- II SONORA
- III SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV CHIHUAHUA
- V COAHUILA
- VI NORESTE DE MEXICO

**SUB-PROVINCIA
GEOLOGICA**

- Ia Mucilan
- Ib Sierra de Juárez
- Ic San Sebastian Vizcaino
- Id Sierra de la Giganta
- Ie Parícutin - Iray
- If Sierra de la Victoria
- Jb Parícutin
- Jc Sierra de Toluca - Monterrey
- Jd Sabinal
- Ke Cuencas de Burgos
- Kb Sierra de Tamaulipas
- Kc Plataforma Burgos - Picochico
- Ke Sierra Madre Oriental
- Kf Cuenca Tampico - Misantla

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

**PLANO DE PROVINCIAS
GEOLOGICAS DE MEXICO**

GUTYAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RAMBELL ANTONIO

1981 Pg. II - 8

Superior.

La formación en discusión contiene abundantes fusulinidos, braquiopodos y pelecipodos algunos trilobites y horizontes con abundante flora, por lo que con base a esto y a su posición estratigráfica, se le asigna una edad Pérmico Inferior en su cima. Además por sus características litológicas es similar a los sedimentos Pérmicos del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina (Carrillo Bravo, 1965).

II.2.3.2. MESOZOICO

El Triásico esta representado en la Sierra Madre Oriental por sedimentos continentales que nos indican un prolongado periodo de emersión para esta porción, que se originó con posterioridad a las deformaciones orogénicas de fines del Paleozoico.

II.2.3.2.1. FORMACION HUIZACHAL

Es una secuencia de lutitas, lutitas arenosas, areniscas y conglomerados de color rojo, verde y gris verdoso con flora del Triásico Superior.

Esta formación se encuentra aflorando cerca de la zona de Honey, Pahuatlán, y al norte de Huauchinango, Pue. y tiene aproximadamente 2000 m de espesor y esta constituida de la siguiente manera.

Aproximadamente 20 m de conglomerados mal clasificados, con fragmentos de cuarzo, cantos redondeados de arenisca de color negro a gris verdoso, fragmentos de lutitas de color gris verdoso. Además tiene 200 m de conglomerados cuarcíferos de color blanco y gris verdoso en capas gruesas, en ocasiones alterna con capas de arenisca cuarcífera de color crema amarillento y delgadas capas de lutita gris verdosa. También se encuentran unas areniscas cuarcíferas de grano fino, medio y grueso de color crema amarillento y gris claro ligeramente verdoso en capas medianas a gruesas con estratificación cruzada y restos de plantas fósiles que en ocasiones alternan con capas delgadas de lutitas de color gris verdoso con laminillas de mica, esta secuencia presenta un espesor de 600 m. Por último se encuentran unas areniscas cuarcíferas de grano medio a grueso, de color gris claro a ligeramente verdoso en capas medianas y gruesas, con zonas conglomeráticas que alternan con estratos delgados de lutita y limolitas de color gris verdoso y rojo.

Esta formación subyace discordantemente a la Formación Huayacocotla y cubre discordantemente a rocas del Pérmico Inferior.

Con base a las plantas fósiles encontradas se les asigna una edad del Triásico Superior.

En el Jurásico Inferior se desarrollo una historia continental con sedimentación de capas rojas, menos en la región

del Anticlinorio de Huayacocotla, donde se verificó un avance de los mares que propició la sedimentación marina de una secuencia arcillo arenosa.

II.2.3.2.2. FORMACION HUAYACOCOTLA

El nombre de Formación Huayacocotla se le da a una sección de aproximadamente 300 m de espesor de rocas arcillosas oscuras del Jurásico Inferior.

Esta formación aflora en el norte de Puebla, y esta compuesta por un conglomerado mal clasificado de areniscas y lutitas, cementadas por material arcillo-arenoso. Encima se encuentran calizas arenosas de color gris oscuro a negro y arenas calcáreas de grano medio con pelecipodos, sobre el cuerpo de calizas se encuentra una potente sección de lutitas carbonosas de color gris oscuro y negro que alternan con lechos medianos y delgados de areniscas de color gris oscuro, en la parte inferior de la sección se observan fragmentos de tallos de plantas y en la porción media y superior contiene amonitas y pelecipodos.

La Formación Huayacocotla subyace discordantemente a la Formación Cahuásas y sobreyace discordantemente a la Formación Huizachal.

En las lutitas de esta formación se encontraron amonitas, pelecipodos y se les asignó una edad del Jurásico Inferior.

II.2.3.2.3. FORMACION CAHUASAS

El nombre de Formación Cahuásas se le da a una secuencia de areniscas, conglomerados y limolitas de color rojo, con aproximadamente 1000 m de espesor.

Esta formación aflora al norte de Puebla y esta constituida por conglomerados mal clasificados de areniscas de cuarzo de color rojo a gris oscuro, areniscas, areniscas conglomeráticas, lutitas y limolitas de color rojo que contienen abundantes laminillas de mica blanca, areniscas arcillosas de color rojo, en capas medianas a gruesas.

La Formación Cahuásas subyace discordantemente a calizas del Jurásico Superior y a la Formación Tamán y sobreyace discordantemente a la Formación Huayacocotla.

No esta bien precisada la edad ya que no se han encontrado registros paleontológicos, sin embargo por su posición estratigráfica se le puede asignar una edad que abarca parte o quizá todo el Jurásico Medio.

En el Jurásico Superior se generaliza en todo el norte y noreste de México, una transgresión marina que se relaciona con la apertura occidental del Mar del Tethys durante la disgregación del supercontinente Pangea (Tardy, 1980).

II.2.3.2.4. FORMACION TEPEXIC

El nombre de calcarenita Tepexic se le da a unas rocas que afloran en la planta de la Presa Necaxa (Erben, 1956), y posteriormente se eleva a la categoría de Formación Tepexic (Bonet y Carrillo, 1961). Esta formación aflora en Ometepetl en el norte de Puebla y esta constituida por una secuencia de aproximadamente 90 m de espesor, de calcarenitas, dolomías, calizas arcillosas carbonosas, lutitas arenosas y pocas cantidades de pedernal.

La Formación Tepexic sobreyace discordantemente en rocas de origen continental, de la Formación Cahuasas mientras que subyace concordantemente a la Formación Santiago.

En esta formación se conocen 3 horizontes fosilíferos representados por ostracodos y amonitas, que son los que ayudan a conocer con más detalle su edad, por lo que la Formación Tepexic es considerada del Calloviano, (Jurásico Superior).

II.2.3.2.5. FORMACION SANTIAGO *

El nombre de Formación Santiago fué propuesto originalmente en forma inédita como un miembro de la Formación Tamán y posteriormente fue estudiada (por Cantú Ch. A. 1969) y elevada a la categoría de formación de acuerdo a sus características de litofacies, biofacies y edad.

Esta formación aflora en la carretera Huauchinango-Villa Juárez, Tepexic, Xochapulco, Ometepetl, Pue.. Y esta constituida por lutitas en capas delgadas, laminares, con nódulos calcáreos intercalados y puede presentar las siguientes variaciones, lutitas sin nódulos y lutitas de dos a tres metros de espesor. La Formación Santiago tiene contacto transicional y concordante con la Formación Tepexic y subyace en contacto transicional y concordante a la Formación Tamán, aunque en algunas localidades como en Ometepetl, Pue. se encuentran en contacto discordante con la Formación Pimienta.

Estas lutitas están consideradas como del Calloviano Superior, (Jurásico Superior).

* Existe sinonimia con la Formación Santiago del Paleozoico, mencionada en este trabajo en la región sur y suroccidental.

II.2.3.2.6. FORMACION TAMAN

El nombre de la Formación Tamán originalmente fue propuesto por Heim (1926). Esta formación aflora en Texacoach, Rio Apulco, Pue. y esta constituida por lutitas arenosas, areniscas arcillosas de color gris oscuro, gris verdoso y negro, con amonitas y pelecipodos, en capas que alternan con estratos delgados de pedernal negro, intercalados a estos sedimentos se observan cuerpos de calizas arcillosas de color negro y gris oscuro. También presenta calizas de grano fino a medio y color gris oscuro a negro en capas medianas a gruesas que alternan con estratos delgados a medianos de margas de color gris, sobre estas

rocas se encuentran calizas clásticas de color gris oscuro a negro en capas medianas a gruesas, y a estas le sobreyacen lutitas arenosas que alternan con estratos delgados de pedernal negro y contienen calizas lenticulares de color negro y gris oscuro.

La Formación Tamán sobreyace en contacto concordante y transicional a la Formación Santiago y subyace concordantemente a la Formación Pimienta a través de un contacto transicional.

Con base a su contenido fósil y a correlaciones estratigráficas se le asigna una edad Kimeridgiano-Titoniano. (Jurásico Superior).

II.2.3.2.7. FORMACION PIMIENTA

El nombre de Formación Pimienta originalmente fue propuesto por Helm (1926) que supuso era del Jurásico Superior desde entonces la Formación Pimienta fue mencionada en trabajos de geología como una unidad litoestratigráfica de edad Jurásico Superior.

Posteriormente este mismo término fue utilizado para designar el conjunto de sedimentos arcillo-calcáreos de la cima del Jurásico y de la base del Cretácico. Por lo que se utilizan los nombres de Miembro Inferior de la Formación Pimienta al conjunto litológico de edad Titoniana y Miembro Superior de la Formación Pimienta a los sedimentos de la porción basal del Cretácico.

Más adelante se realizó un estudio estratigráfico de la Formación Pimienta donde se encontró que su litología concuerda con lo enunciado por Helm, este trabajo sirvió para establecer las bases de la estratigrafía regional y con la ayuda de gran cantidad de amonitas se estableció la subdivisión litoestratigráfica de tres miembros (Cantú, 1967).

Estos tres miembros afloran en Mazatepec, Pue. y están constituidos por capas de caliza gris oscura a negra, compacta y de aspecto sacaroide con espesores delgados y alterna con capas de lutita amarillenta; capas de caliza arcillosa muy alterada, café a amarillo ocre con capas de lutita negra, pedernal y bentonita; capas de caliza gris oscura que intemperiza en café amarillento, con lentes de pedernal negro y capas de lutita amarillo ocre, intercalada.

La Formación Pimienta sobreyace en contacto transicional y concordante a la Formación Tamán y subyace concordantemente y transicionalmente a rocas del Cretácico Inferior (Formación Tamaulipas Inferior).

Con base a estudios estratigráficos se les asigna edad del Titoniano, (Jurásico Superior).

II.2.3.2.8. FORMACION TAMAUZIPAS INFERIOR

El nombre de Formación Tamaulipas Inferior fue introducido por L.W. Stephenson (1921), y posteriormente Belt (1925) en su trabajo "Stratigraphy of the Tampico District of Mexico" hace

mención de las calizas Tamaulipas.

Esta formación aflora en el norte de Puebla y esta constituida por mas de 100 m de calizas de grano fino y color crema grisáceo, en capas medianas y gruesas, con estilolitas bien desarrolladas y paralelas a los planos de estratificación y nódulos irregulares y de forma esferoidal de color castaño oscuro y gris claro, distribuidas en forma irregular, se observan algunos cuerpos de calizas clásticas.

La Formación Tamaulipas Inferior sobreyace concordantemente y transicionalmente a la Formación Pimienta y subyace concordante a la Formación Otates fuera de la zona estudio.

Con base a los estudios estratigráficos y la fauna que contiene se le asigna una edad del Valanginiano-Barremiano, (Cretácico Inferior).

II.2.3.2.9. FORMACION TAMAUZIPAS SUPERIOR

El nombre de Formación Tamaulipas Superior fue propuesto por Sellards (1931-1934).

Esta formación aflora en el norte de Puebla, en los alrededores de Teziutlán y cerca de Ciudad Serdán y esta constituida por calizas densas de grano fino, de color blanco y crema en estratos ondulados con espesor de 10-40 cm con nodulos de pedernal amarillo ámbar y gris.

La Formación Tamaulipas Superior sobreyace concordantemente y transicionalmente a la Formación Tamaulipas Inferior y subyace discordantemente a la Formación Agua Nueva.

Con base a estudios paleontológicos se le asigna una edad del Albiano-Cenomaniano, (Cretacico Medio).

II.2.3.2.10. FORMACION AGUA NUEVA

El nombre de Formación Agua Nueva fue introducido por L.W. Stephenson (1921) y posteriormente Muir (1936) dividió esta formación en dos miembros: el inferior constituido por capas de estratificación gruesa a media (70 cm.), conteniendo pocas laminaciones de lutita negra quebradiza. La parte media de la sección es más arcillosa, en delgadas capas de carácter laminar. El miembro superior consiste de calizas de estratificación media a delgada, el espesor de toda la sección es de 127 metros aproximadamente.

Esta formación aflora cerca de Ciudad Serdán y en los alrededores de Teziutlán, así como en el norte de Puebla.

La Formación Agua Nueva sobreyace discordantemente a la Formación Tamaulipas Superior y subyace concordantemente a la Formación San Felipe.

Con base a estudios paleontológicos se le asigna una edad del Turoniano, (Cretacico Superior).

II.2.3.2.11. FORMACION SAN FELIPE

El nombre de la Formación San Felipe originalmente fue propuesto por Jeffreys (1910), Muir (1936), esta formación aflora en el norte de Puebla, Ciudad Serdán y en los alrededores de Teziutlán y esta constituida de una serie de calizas compactas arcillosas con buena estratificación, que presentan coloración grisácea con tintes claros, verde y café e interperiza a color crema anaranjado. Su espesor es de aproximadamente 300 metros.

La Formación San Felipe sobryace concordantemente a la Formación Agua Nueva y subyace concordantemente a la Formación Méndez.

Con base a correlaciones y estudios paleontológicos se le asigna una edad del Coniaciano Tardío-Senoniano, (Cretácico Superior).

II.2.3.2.12. FORMACION MENDEZ

El nombre de la Formación Méndez fue introducido por Dumble (1911) y posteriormente Jeffreys (1912) hace mención de la misma.

Esta formación aflora en el norte de Puebla, en los alrededores de Teziutlán y cerca de Ciudad Serdán, y esta constituida por margas grises y azules, en capas de distinto espesor que van de algunos centímetros hasta uno o más metros. Presentan fractura concoidal muy característica, en la parte superior presenta un aspecto rosado por lo que se le ha llamado Méndez rojo. El espesor de la sección varia de 50-80 metros.

La Formación Méndez sobryace concordantemente y transicionalmente a la Formación San Felipe y subyace discordantemente a la Formación Velasco, basal.

Con base a estudios estratigráficos y paleontológicos se le asigna una edad Campaniano-Maestrichtiano, (Cretácico Superior).

II.2.3.3. CENOZOICO

Las formaciones del Terciario inferior cubren en discordancia erosional a las formaciones del Mesozoico, y de manera general están constituidas por terrigenos que se produjeron por acción de la erosión en las rocas Mesozoicas, sepultando a una superficie con muchas irregularidades topográficas, causadas por los efectos de un intenso período de erosión (Viniegra, 1965).

Durante el Paleoceno comenzaron a depositarse sedimentos arcillo-arenosos y arenosos de facies de aguas profundas (Velasco) y de plamonte (Chicontepec), iniciando una sedimentación heterogénea dentro del área que más tarde sería la cuenca de Veracruz. El Paleoceno en su facies flysch (Chicontepec) marcó el límite teórico de los linderos occidentales de las futuras cuencas Cenozoicas en la Llanura Costera (Viniegra, 1965),

11.2.3.3.1. FORMACION VELASCO

La Formación Velasco fue descrita por Cushman J. A. (1924), caracterizada por margas y calcilutitas más o menos arenosas con capas delgadas de bentonita. En algunos lugares al NE de Ayotoxco, Puebla la parte basal de la Formación Velasco contiene materiales retrabajados, indicando un fenómeno local de erosión parcial de las rocas arcillosas de la Formación Méndez, lo que constituye un buen argumento para la separación en tiempo y litología de las Formaciones Velasco y Méndez (Viniegra, 1965).

Con respecto a la edad de esta formación se tienen dudas en cuanto a su parte basal, White (1928) considera que puede pertenecer en parte al Cretácico Superior y que no existe discordancia entre la Méndez y la Velasco. Pero con base a estudios más detallados de su microfauna y que en la mayor parte de la Cuenca Tampico-Misantla se ha observado la discordancia entre ellas, la Formación Velasco se ubica en el intervalo Paleoceno-Eoceno Inferior, (Terciario). (López Ramos, 1959).

11.2.3.3.2. FORMACION CHICONTEPEC

La Formación Chicontepec fue estudiada por Cummins, (1982), pero fue Dumble E. T. 1918 quien publicó por primera vez el término, está compuesta predominantemente por areniscas de color gris con intercalaciones de margas arenosas de color más oscuro en bandas delgadas.

En estudios realizados por Nuttal en López Ramos, 1982 hace notar que la Formación Chicontepec tiene cambio de facies tanto laterales como verticales, pues en algunos lugares hay predominancia de areniscas y en otro de lutitas, además en base a estudios micropaleontológicos dividió a la Formación Chicontepec en tres miembros: Chicontepec inferior, medio y superior.

Los sedimentos pertenecen al Eoceno inferior con excepción de la parte más inferior que probablemente sea del Paleoceno. Los pequeños foraminíferos presentan diferentes especies para los tres miembros; los miembros medio y superior contienen especies comunes con la Formación Velasco y en ocasiones no pueden distinguirse litológicamente de esta formación, por lo que las partes inferiores de la Chicontepec y la Velasco pueden ser de la misma edad, interdigitándose la facie arenosa en la primera y arcillosa en la segunda (Díaz T., 1951).

11.2.3.3.3. FORMACION ARAGON

El nombre de Formación Aragón fue aplicado por Nuttal (1930), a las lutitas y margas que yacen bajo la Formación Guayabal y que cubren a la Velasco y en algunos lugares a la Chicontepec. Esta formación la encontramos en los alrededores de Teziutlán, sus afloramientos superficiales no son muy numerosos ni muy extensos, pero se le ha observado en perforaciones de pozos petroleros al W

de la Faja de Oro y al SW de Poza Rica.

Está constituida por lutitas de colores gris, gris azul y verde que por acción del intemperismo toman un color amarillento. En la base de la formación se presentan bandas de bentonita. Hacia la parte alta se encuentran láminas de arena fina pequeños nódulos calcáreos.

Su contacto superior con la Formación Guayabal del Eoceno Medio, está bien marcado litológicamente pues contrastan claramente las lutitas pardas de la Guayabal con las lutitas gris verdoso de la Aragón, el contacto inferior con las Formaciones Chicotepec y Velasco, del Eoceno Inferior no es notable desde el punto de vista litológico y por ello se determina casi siempre a base de microfósiles (López Ramos, 1959).

Con base a datos paleontológicos y a su litología se le asigna una edad del Eoceno Inferior, (Terciario).

II.2.3.3.4. FORMACION GUAYABAL

El nombre de Formación Guayabal fue propuesto por Cole, W.S. (1927). Esta formación se encuentra, en el N del Estado de Puebla aunque con escasos afloramientos.

La Formación Guayabal está constituida por lutitas de colores gris, azul y café que por acción del intemperismo adquieren un color gris o crema. Entre las lutitas se encuentran nódulos de siderita y delgadas intercalaciones de arena de grano fino.

El contacto superior y el inferior están bien marcados litológicamente, pues sus sedimentos arcillosos contrastan claramente con los areno-conglomeráticos de la Formación Chapopote-Tantoyuca, del Eoceno Superior que la sobreyacen y con las lutitas y areniscas de las Formaciones Aragón y Chicotepec que la subyacen.

Contiene una fauna muy rica en foraminíferos bentónicos que nos indica una edad Eoceno Medio, (Terciario).

II.2.3.3.5. FORMACION CHAPOPOTE-TANTOYUCA

Se trata de una sola formación con dos diferentes facies características que fueron descritas independientemente una de otra, por Ver Wiebe, Walter A., (1924), Cole, W. S., (1927).

Facies Chapopote.- definida por Cole W. S. (1927) constituida por margas de color gris verdoso, la estratificación no es muy característica alternando con areniscas de grano fino, sus sedimentos contienen abundante microfauna consistente de foraminíferos.

Facies Tantoyuca.- definida por Ver Wiebe W. A. (1924) constituida principalmente por sedimentos areno-conglomeráticos, areniscas conglomeráticas de grano grueso y fino. Presentan algunos conglomerados y brechas con fragmentos de calizas Cretácicas, contiene abundantes microfósiles de foraminíferos.

Las condiciones de depósito fueron muy diferentes en ambas

facies, ya que la Tantoyuca evidentemente se depositó cerca de la costa, pues esta formada principalmente por material detrítico derivado de la erosión de regiones adyacentes. La Chapopote por el contrario, carece de arenas u otros materiales clásticos más grandes, presentando en cambio numerosos foraminíferos pelágicos, fué depositada sobre la plataforma continental en condiciones moderadas y uniformes de profundidad, por lo que podríamos decir que la Formación Chapopote es arcillosa y cambia de facies a la Formación Tantoyuca con carácter arenoso conglomerático de aguas someras (López Ramos, 1959).

El contacto con la formación sobreyacente Horcones del oligoceno no está litológicamente muy bien definido, en el flanco sur y sureste del Macizo de Teziutlán no se observan afloramientos de esta formación (López Ramos, 1959), y subyace frecuentemente en discordancia sobre la Formación Guayabal.

Con base a su contenido de microfósiles se ubica a la Formación Chapopote-Tantoyuca en el Eoceno Superior, (Terciario)

II.2.3.3.6. GRUPO PALMA REAL

El Grupo Palma Real fue originalmente definido por Villatoro, J.A.; (1932) como Formación Palma Real. Este criterio se modificó y actualmente se le conoce como Grupo Palma Real y se le ha subdividido en dos formaciones; Palma Real Inferior y Palma Real Superior.

Palma Real Inferior. Su litología es variable, según la proximidad de la antigua línea de costa, las facies costeras de aguas someras consisten de areniscas, conglomerados y margas arenosas, dentro de las variaciones que tiene esta formación es que consiste de margas de color gris azul con abundantes microforaminíferos. Los cambios tan notables que tiene esta formación se deben a las transgresiones que tuvieron lugar a principios del Oligoceno.

La Formación Palma Real Inferior sobreyace en discordancia angular a sedimentos de las Formaciones Chapopote-Tantoyuca, Guayabal o Chicontepec y está cubierta por la Formación Palma Real Superior.

Palma Real Superior. Esta constituida en su parte inferior por lutitas suaves de color gris con intercalaciones de arenisca de grano fino y en su parte superior por areniscas de color gris, en algunas localidades se presentan calizas coralinas de tipo arrecifal. Debido a que esta formación se depositó a continuación de la transgresión del miembro inferior, la litología en la zona de contacto tiene mucha semejanza, por lo que la separación se hace por medios paleontológicos.

La Formación Palma Real Superior está cubriendo en contacto transicional a la Formación Palma Real Inferior y le sobreyace en discordancia la Formación Meson.

La edad de este grupo se considera de la siguiente manera, Formación Palma Real Inferior se le asigna una edad del Oligoceno Inferior y Medio, de acuerdo al contenido de foraminíferos y la

Formación Palma Real Superior del Oligoceno Medio.

11.2.3.4. TERCIARIO CONTINENTAL

Esta constituido por cuerpos de conglomerados de cantos de rocas calcáreas e igneas, de color grisáceo a rojo, arenas y areniscas de cuarzo y fragmentos calcáreos así como limos de color gris a blanco.

Se encuentra en discordancia sobre las Formaciones Tamaulipas Superior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez y le sobreyace en discordancia derrames basálticos del Plioceno. De acuerdo a estas características se le asigna una edad Eoceno a Oligoceno.

11.2.3.5. ROCAS IGNEAS

En esta región las formaciones mesozoicas y cenozoicas se encuentran afectadas por intrusivos, y además están parcialmente cubiertas por grandes capas basálticas e ignimbríticas. (fig. 11.6).

11.2.3.5.1. INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas son muy escasas en esta región y donde llegan a presentarse, tienen una composición granodiorítica y son de color gris claro a gris verdoso, de textura fanerítica.

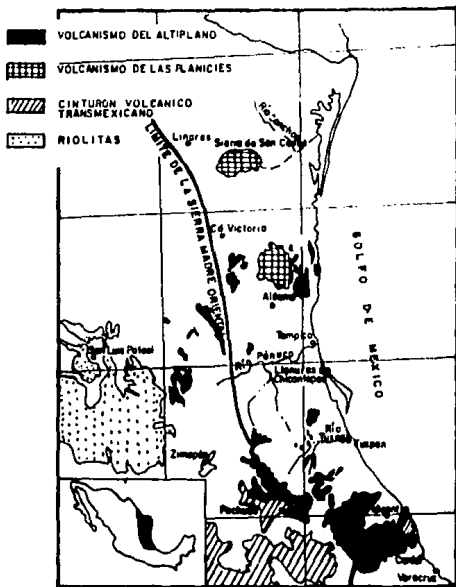
Se le considera de edad Cretácico Superior o inicio del Terciario ya que se encuentra intrusionando rocas de dicha edad.

11.2.3.5.2. EXTRUSIVAS

En esta región existen varios horizontes volcánicos intercalados con rocas del Cretácico (Formaciones Otates, Tamaulipas Superior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez). Uno de los cuerpos volcánicos mas importantes se encuentra intercalado en la cima de la Formación Otates y la base de la Formación Tamaulipas Superior, ocupando franjas irregulares.

Las eyecciones terciarias son mas importantes por su extensión y están caracterizadas por tobas e ignimbritas (composición ácida) y andesitas (lavas intermedias). Estos dos tipos de rocas se encuentran íntimamente asociados, las andesitas forman grandes farallones que coronan varias zonas de la columna estratigráfica, mientras que las tobas e ignimbritas forman lomerios de poca pendiente en la cima de la columna estratigráfica. También encontramos derrames basálticos formando mesetas y se intercalan con rocas Miocénicas.

La composición que presentan estas emisiones volcánicas varían, las de edad Cretácica constan de composición ácida a intermedia y están representadas por intercalaciones de tobas y bentonitas, con pedernal en la base de la secuencia, presentan



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
PROVINCIA MAGMATICA ORIENTAL	
GAYTAN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RANGEL J. ANTONO	199 Fig. II. 6

seudoestratificación, estas rocas se encuentran plegadas en forma armónica con respecto a las rocas sedimentarias que las encajonan.

En la secuencia terciaria se observan tobas riolíticas con textura piroclástica, además se encuentran asociadas muy escasas riolitas e ignimbritas, también se encuentran andesitas de color verde oscuro. Finalmente tenemos basaltos de color negro.

La edad de éstas rocas fluctúa entre el Aptiano hasta el Maestrichtiano, ya que se encuentran intercaladas con rocas sedimentarias de tales edades. Después de un período donde casi desaparece el vulcanismo (10 a 20 m.a.) este se reactiva (5 a 20 m.a.) y da origen a las rocas extrusivas Terciarias, con este vulcanismo llega el final del ciclo geotectónico Jurásico Superior-Terciario.

II.2.4. REGION CENTRO-MERIDIONAL

Esta región comprende la parte S-SE de lo que es el Cinturón Volcánico Transmexicano (fig. II.7) y está delimitado al norte por la Sierra Madre Oriental y al sur por la Sierra Madre del Sur, mientras que al oeste se encuentra lo que es la continuación del Cinturón Volcánico Transmexicano.

El Cinturón Volcánico Transmexicano, es una cadena montañosa de origen volcánico que se manifestó en el Plio-Cuaternario, presenta una orientación general este-oeste que se extiende desde San Blas Nay., hasta Jalapa Ver. (Demant A., Robin C., 1975).

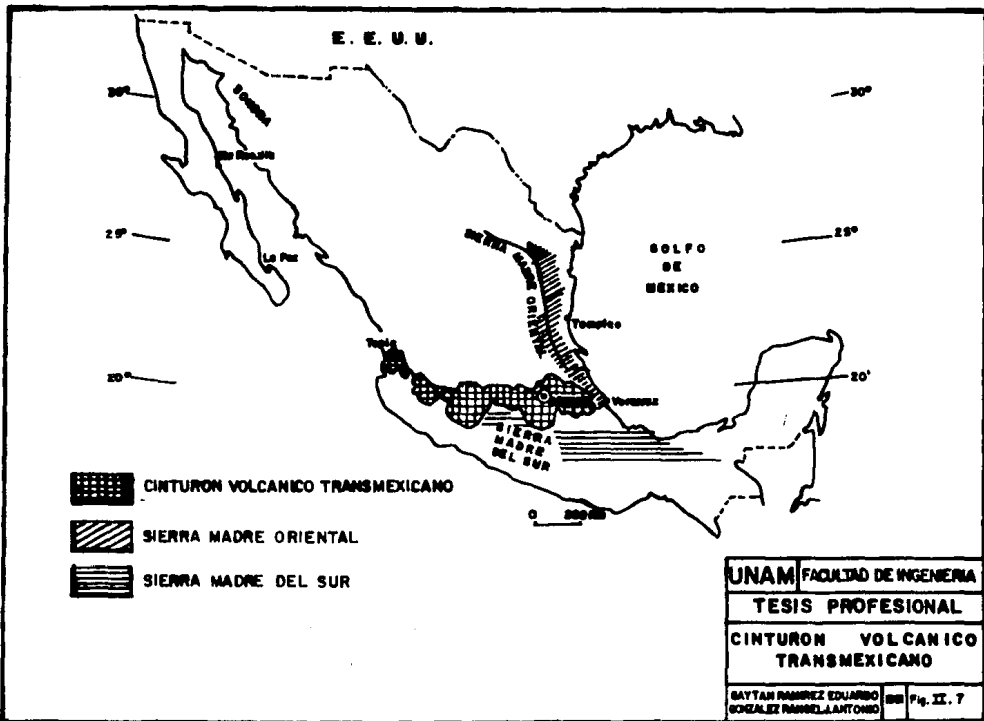
Según autores como Mooser, 1969; Gunn y Mooser, 1970; Negendank, 1972; Bloomfield, 1975; Thorpe y Francis, 1975; reconocen dos ciclos volcánicos; el primero que da inicio en el Oligo-Mioceno y el segundo que es de edad Plio-Cuaternario, o bien señalan el principio de la actividad eruptiva durante el Oligo-Mioceno y describen a las rocas más antiguas como andesitas, dacitas, riolitas e ignimbritas, y suponen que el vulcanismo del Oligo-Mioceno constituye el basamento y no pertenece a la secuencia del Cinturón Volcánico Transmexicano. Por lo que Demant A. (1978) considera que el vulcanismo del Cinturón Volcánico Transmexicano es únicamente Plio-Cuaternario.

II.2.4.1. SISTEMA TERCIARIO

II.2.4.1.1. GRUPO BALSAS

Los primeros depósitos terciarios que descansan sobre rocas cretácicas consisten en un grupo de sedimentos clásticos, volcánicos y lacustres no marinos que se denominan Grupo Balsas (Fries C. 1960).

Presenta litologías muy variadas que en algunos lugares representan facies que se interdigitan y en otras quedan superpuestas, la litología que predomina es un conglomerado de



fragmentos de tamaño de 50 cm de diámetro, constituidas de caliza, dolomita, pedernal, arenisca y limolita derivados de las Formaciones Morelos, Cuautla y Mezcala en capas de 30 a 80 cm de espesor, en algunas partes contiene fragmentos de rocas igneas, se llegan a encontrar derrames de basaltos y andesitas intercalados, todos sus componentes se encuentran redondeados aunque algunos llegan a ser subangulosos. La matriz consta de limo y arcilla con cementantes de carbonato de calcio y oxidos de fierro, su color característico es rojizo, por lo que suele llamarse "conglomerado rojo".

El Grupo Balsas en el área de estudio aflora al sur de la zona de Puebla y Tlaxcala, y se le ha asignado una edad que corresponde al Oligoceno Medio. (Fries C. 1960).

11.2.4.1.2. FORMACION TLAICA

Son rocas de la secuencia volcánica terciaria, esta constituida de uno o más derrames de ignimbritas que descansan sobre el Grupo Balsas, aunque parece existir una discordancia erosional. El espesor de esta formación es de aproximadamente 200m.

Su composición litológica es silicica y varia de riolita a latita cuarcifera, ciertas partes de la formación constan de ignimbritas de color rosado, y en ocasiones a esta la cubre una ignimbrita verdoza con trozos de pómez de varios centímetros de diametro y de composición latítica.

La edad de la Formación Tlaica corresponde al Oligoceno Tardío, en base a su posición estratigráfica, ya que se encuentra encima del Grupo Balsas y en base a estudios por determinación Plomo-Alfa. (Fries C. 1960).

11.2.4.1.3. GRUPOS IXTLILCO, TEPEXCO Y RCS.VOLCS. INDIFFERENCIADAS

Este paquete de rocas volcánicas localizadas en el área de estudio, pertenecen a uno u otro grupo con nombre formal. Estas rocas sobreyacen discordantemente sobre rocas cretácicas del Grupo Balsas ó de la Formación Tlaica.

Grupo Ixtlilco esta formado por una secuencia de rocas volcánicas, que se originaron por medio de derrames de lava interestratificada con capas volcanoclásticas se les considera como una riocacita.

Este grupo descansa en discordancia erosional encima de la Formación Tlaica, el espesor que presenta es de 500 m.

Grupo Tepexco es una secuencia de rocas volcánicas, que esta constituida por riocacitas, andesitas y dacitas. El conjunto esta formado por derrames de lava interestratificada con capas volcanoclásticas.

Existen otros paquetes de rocas volcánicas que se presentan en pequeños afloramientos y no se pudo asignar a ninguno de los grupos descritos, no obstante se le asigna la misma posición

estratigráfica.

La edad que se les asigna a éstos grupos es del Oligoceno Tardío ya que las rocas en las que subyace tienen esa edad y no puede ser inferior, a el Plioceno Temprano pues existen otras formaciones estratigráficamente superiores. Por lo que se les asigna una edad del Oligoceno Tardío-Mioceno Tardío. (Fries C. 1960).

II.2.4.1.4. FORMACION CUAYUCA

Es el nombre que recibe una secuencia de capas lacustres. La Formación Cuayuca esta constituida por tres facies; la facie inferior que esta caracterizada por capas clásticas que varían desde conglomerados hasta limo fino. La segunda facie que esta encima o interdigitada con capas formadas por precipitados químicos en forma de caliza, pedernal y margas con diferentes proporciones de óxidos de fierro y mezcla de arcilla y limo. La tercer facie esta constituida de yeso de diferentes grados de pureza que se halla interdigitada o encima de una u otra de las facies descritas. El espesor que presentan dichas facies se estima que es de 500 m. aproximadamente. Estas rocas en algunas zonas sobreyace al Grupo Balsas y en otras zonas al Grupo Ixtliico.

Considerando que es más antigua que el Complejo Volcánico del Popocatepetl, se le asigna una edad entre el Mioceno Tardío-Plioceno Tardío. (Fries C. 1960).

II.2.4.1.5. RIODACITA POPOCATEPETL Y FORMACION TLAYECAC

Las rocas que forman el Complejo Volcánico Popocatepetl, se han agrupado en dos formaciones que son la Riodacita Popocatepetl y la Formación Tlayecac (Fries C. 1960).

La Riodacita Popocatepetl esta constituida por derrames lávicos de riodacita e intercalaciones de dacita, latita, traquita y rocas de otras composiciones. Estas lavas presentan color obscuro en tonos grisáceos, la textura que predomina es la porfídica, algunas de éstas rocas son de tipo híbrido y estan en desequilibrio mineralógico. Es probable que esto se haya originado por la incorporación de fragmentos de rocas encajonantes, que fueron parcialmente asimilados. Este grupo de lavas pertenece a la serie calcoalcalina.

La Formación Tlayecac esta constituida por depósitos de material clástico derivado del mismo volcán y esta interdigitada con la Riodacita Popocatepetl. Esta formación la componen capas de fragmentos subangulosos con diámetro de hasta 1 m mezclados con otros más pequeños y con material de grano más fino que la arcilla, sin estratificación, aunque se encuentran lentes y capas interestratificadas de grava y arena que muestran una clasificación producida por el agua corriente. El proceso que les dio origen es el derrame superficial del material mezclado con agua y en frío, cuyo resultado son los lahares o derrames de lodo.

Este material no se encuentra cementado aunque si esta muy compacto.

Las dos unidades mencionadas se encuentran interdigitadas, por lo que descansan en discordancia sobre las rocas volcánicas del Grupo Tepexco y también sobre las unidades terciarias. Además fueron depositadas a través de un tiempo prolongado. Y basándose en descripciones de formaciones más antiguas, la extrusión de lavas y del material volcánico-clástico comenzó a mediados del Plioceno y continuó con algunas interrupciones, hasta el presente. La Formación Tlayéac se originó cuando ya estaba acumulada la masa principal de la Riodacita Popocatepetl. (Fries C. 1960).

II.2.4.2. SISTEMA CUATERNARIO

II.2.4.2.1. GRUPO CHICHINAUTZIN

Este grupo comprende todas las corrientes lávicas y material volcánico-clástico asociado, incluyendo materiales clásticos depositados por agua, presentan una composición principalmente de basalto olivínico, de color gris a gris oscuro, aunque también se encuentran andesitas.

El Grupo Chichinautzin descansa en discordancia erosional sobre unidades más antiguas, como la Riodacita Popocatepetl y la Formación Tlayéac. El límite de edad que se le asigna es del Pleistoceno. (Fries C. 1960).

II.2.4.2.2. DEPOSITOS CLASTICOS CONTINENTALES

Los depósitos continentales de edad Cuaternaria no formados por derrames de lava o conos cineríticos, son depósitos de materiales poco o nada consolidados que varían desde detritos compuestos por fragmentos angulosos y gruesos hasta limo y arcilla fina, así como cantidades menores de margas, tierra diatomacea, turba, ceniza volcánica, loess y travertino.

Los depósitos clásticos compuestos de material volcánico cubren superficies erosionadas encima de la Formación Tlayéac y del Grupo Chichinautzin. La edad que se les asigna es Cuaternario Reciente. Los suelos y caliche no se consideran unidades litoestratigráficas (Fries C. 1960).

II.2.4.2.3. ROCAS INTRUSIVAS

Existen pocas rocas intrusivas en el área de estudio, lo que hace pensar que no existe una masa plutónica grande, sino únicamente diques y pequeños cuerpos. Una de las zonas que llega a estar afectada por intrusivos es en el sur de Puebla y llevan el nombre de Troncos Igneos de Tlaica estos consisten de diorita que intrusiona al Grupo Balsas de Formación Tlaica la cual produjo corneanas o tactitas.

Otro grupo de troncos intrusivos, son los que se encuentran en los alrededores de los poblados de Chiautla y Chietla, reciben el nombre de Troncos Igneos de Chacaltzingo, este grupo de intrusivos consiste de troncos de composición granodiorítica.

Ambos grupos de troncos intrusivos se consideran como de edad Miocénica, ya que se encuentran alojados en unidades estratigráficas del Oligoceno y del Mioceno y están cubiertas por unidades del Plioceno.

Además podemos mencionar que en el norte de Tlaxcala y Puebla existen manifestaciones de manantiales termales y se encuentran esparcidos en esa zona, que probablemente tienen alguna relación con cuerpos intrusivos emplazados a poca profundidad que al cristalizarse desprenden vapor de agua y otros gases calientes que se mezclan con aguas freáticas (Fries C. 1960).

CAPITULO TRES

III. TECTONICA Y MAGMATISMO

III.1. GENERALIDADES

Los primeros modelos globales propuestos en el pasado para interpretar la evolución tectónica de México tuvieron como marco de referencia dos conceptos fundamentales. El primero es el del ciclo geotectónico inherente al desarrollo de las fajas orogénicas y el segundo es la consideración de que las masas de corteza continental han mantenido en general la misma configuración (Burkhard, 1930; Alvaréz, 1949; Flores, 1951; De Cserna, 1960). En los trabajos de interpretación posteriores se observa un alejamiento paulatino del concepto de ciclo geotectónico y un acercamiento hacia la casualidad de los fenómenos relacionados con la tectónica de placas.

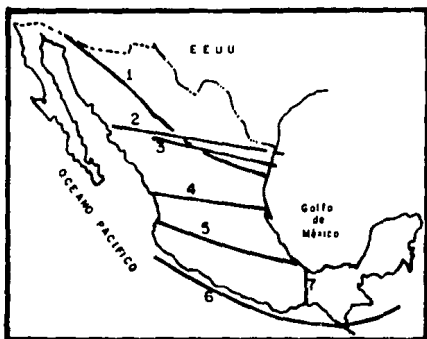
Más recientemente han cobrado importancia los modelos que interpretan la integración de la mayor parte de la corteza continental de México y parte de Centroamérica y el Caribe a partir del efecto combinado de la separación de Norteamérica y Sudamérica y el traslado de masas continentales del noroeste por medio de una o varias fallas laterales izquierdas (Pilger, 1978; Walper, 1980; Anderson y Schmidt, 1983). (fig. III.1). Las evidencias que se manejan en estos modelos están sustentadas en los propuestos de grandes corrimientos izquierdos (De Cserna, 1970; Silver y Anderson, 1974) y en el conocimiento reciente del Golfo de México. Por otro lado los datos paleomagnéticos son generalmente congruentes con la idea de fallas laterales izquierdas (Urrutia-Fucugauchi, 1984).

Los conceptos actuales sobre la movilidad de la litósfera en el espacio de México y el Caribe han obligado a la reinterpretación de la evolución paleogeográfica y tectónica de algunas regiones a través de la formulación de nuevos modelos para problemas hasta ahora no resueltos.

La complejidad estructural y estratigráfica de la porción centro-meridional de México hace difícil una reconstrucción paleogeográfica y tectónica que permita una explicación clara sobre el origen de los rasgos de esta porción de México.

Si se toma en consideración la idea de que los procesos de intenso acortamiento cortical, metamorfismo y magmatismo, asociado a límites convergentes de placas, quedan impresos en los márgenes continentales en forma de una faja orogénica, entonces la posición de algunos cinturones metamórficos antiguos del sur de México relativamente alejados de los márgenes de los cratones mayores sugiere que estos terrenos han sido transportados a su posición relativa actual.

Tomando los contrastes entre los basamentos y otras consideraciones relacionadas con la composición de las columnas estratigráficas y la inferencia de discontinuidades tectónicas



Ubicación de las diferentes Fallas Regionales de desplazamiento lateral propuestas para el Mesozoico de México. 1) Silver y Anderson (1974). 2) Csorna(1970-1976) 3) Murray(1956, 1961) 4) Csorna (1976) Anderson y Schmidt (1983). 6) Anderson, Schmidt(1983) 7) Anderson, Schmidt (1983).

(Tomado de D J Mordán Zeneno 1987.)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
MODELO DE FALLAS REGIONALES	
GONZALEZ RAMIREZ EDUARDO	
GONZALEZ RAMIREZ, SAN TORO	
	FIG. 1

regionales, Campa y Coney (1983) aplicaron para esta región del país el concepto de terreno tectonoestratigráfico como parte de una zonificación tectónica general de México. (fig. III.2).

Considerando que cada terreno cuenta con un basamento distinto, que se encuentran separados por grandes discontinuidades estructurales y estratigráficas que fueron acrecionados en diferentes episodios de la evolución tectónica de esta parte de México.

III.2. TERRENOS CRISTALINOS

La estructura de la porción septentrional del presente estudio ha sido interpretada en términos de una confluencia de diferentes dominios geológicos, tanto precámbricos y paleozoicos como mesozoicos, cada dominio cuenta con basamento distinto y sus límites han sido interpretados como límites tectónicos.

La relación entre la cobertura sedimentaria y el basamento ha permitido reconocer bloques de dimensiones regionales (terrenos), que se encuentran separados por grandes discontinuidades estructurales y estratigráficas.

Los datos estratigráficos de los Terrenos Oaxaca, Mixteco y Juárez muestran que éstos poseen una historia de evolución independiente entre sí. Dicha individualidad de los terrenos se mantiene por lo menos hasta el jurásico superior-cretácico inferior.

El nivel estratigráfico del cretácico inferior (Barremiano-Cenomaniano) que indistintamente lo encontramos cubriendo a los terrenos analizados, señala que para tal edad, estos terrenos ya acrecionados comparten una historia común, por tal motivo dicho nivel del Cretácico inferior debe considerarse un terreno superpuesto. (fig. III.3).

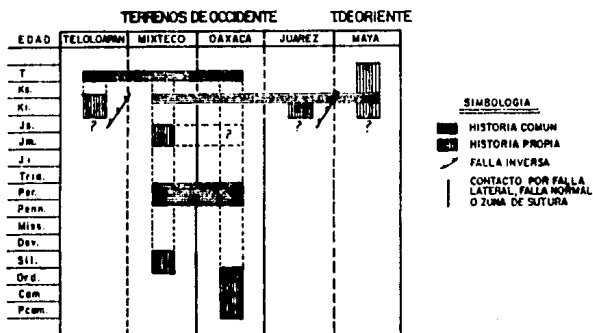
Para poder plantear las características tectónicas de la porción septentrional de la zona de estudio, primero se analizarán los intervalos de su evolución tectónica individual de cada uno de los terrenos, y posteriormente la historia tectónica de los terrenos superpuestos que se consideran comunes a ellos.

III.2.1. TERRENO OAXACA

El terreno Oaxaca es el que cuenta con el basamento más antiguo, que presenta secuencias cámbrico-ordovícicas y misisipico-pensilvánicas, sin metamorfismo, separados por una ligera discordancia angular (Pantoja-Alor, 1970). La base metamórfica, formada por el Complejo Oaxaqueño del Precámbrico (900 - 1100 m.a.), considerado como resultado del primer ciclo tectónico registrado en rocas cristalinas del sur de México, ha sido interpretada como la evolución de un rift con sedimentación en corteza continental antigua y el posterior metamorfismo a facies de granulita en una evolución ensialica o por colisión continental (Ortega, 1981).



Localización y distribución de los Terrenos (M) Maya, (J) Juárez, (O) Oaxaca, (MI) Mixteco, y Teteloapán (éste último forma parte del (G) Terreno Guerrero). Tomado de Campo y Caney 1981.



En el Diagrama se muestran los intervalos en que cada terreno tiene su historia individual (Lineas Verticales) y los momentos en que los terrenos son amalgamados o acrecionados para compartir una historia común (Lineas Horizontales).

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
TERRENOS SUPERPUESTOS	
RAYNIR RAMIREZ EMMARDO SONZALEZ RAFAEL JANTONIO	Fig. 222. 2

Fries y colaboradores (1962) denominaron Orogenia Oaxaqueña a los procesos tectónicos que consolidaron a las rocas gnéissicas de la región central de Oaxaca, proponiendo el desarrollo del geosinclinal oaxaqueño que ocupó una extensa región de México desde Oaxaca hasta Tamaulipas. Posteriormente, De Cserna (1967, 1971) asigna el nombre de Faja Estructural Oaxaqueña a la región cratonizada por la orogenia oaxaqueña y, tanto aquel autor como antes Fries y colaboradores (1965), correlacionan estos rasgos estructurales con la Orogenia Grenvilliana que formó la Provincia Estructural Grenville de la región oriental del Escudo Canadiense.

El Complejo Oaxaqueño es considerado como una prolongación meridional de la Faja Grenvilliana de Norteamérica (Fries et al., 1962), sin embargo la fauna de trilobites de la Formación Tiñu (Cámbrico-Ordovícico), muestra más afinidad con las formas Sudamericanas, Europeas y Africanas que con la de Norteamérica, con la sola excepción de la porción de Nueva Escocia (Whittington y Huges, 1974).

El provincialismo faunístico del paleozoico temprano al menos hasta el Ordovícico, es un hecho ampliamente reconocido, desde hace algunas décadas (Grabau, 1936, Roberto y Gale, 1970) también sugiere la presencia de una cuenca oceánica (Iapetus) ocupando aproximadamente el sitio actual del Océano Atlántico. En una de sus márgenes se desarrolló la provincia faunística Europea o Atlántica y en su margen opuesto la provincia Americana o Pacífica.

En la región de Nochixtlán se tiene un periodo de levantamiento y erosión que abarca alguna época entre el ordovícico temprano y el misisípico temprano, tomando como evidencia de que no han sido identificadas rocas sedimentarias del ordovícico superior, silúrico y devónico en ninguna localidad del sur de México (Pantoja-Alor, 1970).

Posteriormente al depósito de la Formación Yododóñe fueron emplazados cuerpos intrusivos que cortaron a toda la secuencia paleozoica. Una edad de 240 ± 30 m.a., obtenida por Fries y colaboradores (1965), de una muestra de granito que intruiona a la secuencia precámbrica, al oeste de Huitzo y a unos 80 km al suroeste de Nochixtlán, indica probablemente, la presencia de la fase anatectica y la culminación de la sedimentación marina paleozoica, que formó la Faja Tectónica Huastecana (De Cserna, 1967). Los fenómenos tectónicos inmediatamente posteriores produjeron un intenso fallamiento de las rocas precámbricas y paleozoicas, y a la vez plegamiento de estas últimas, lo que permitió la preservación de los sedimentos paleozoicos en pequeñas fosas tectónicas (Pantoja-Alor, op.cit.).

Las estructuras de las dos fajas tectónicas (Faja Tectónica Oaxaqueña y Faja Tectónica Huastecana), son cubiertas y enmascaradas, de acuerdo con De Cserna (op. cit.) por los fenómenos derivados de la Faja Tectónica Mexicana.

III.2.2.- TERRENO MIXTECO

Este terreno junto con el de Oaxaca, constituyen los dos únicos terrenos situados en el suroccidente de México a los que con seguridad se les conoce basamento.

El Terreno Mixteco tiene un basamento metamórfico conocido como Complejo Acatlán del paleozoico inferior, el origen de dicho complejo ha sido relacionado, en anteriores interpretaciones, con episodios de sedimentación, magmatismo y tectonismo, vinculados al proceso de un Ciclo Wilson de apertura, expansión y cierre de una cuenca oceánica y la convergencia orogénica de sus márgenes ocurrida del Cámbrico al Devónico (Ortega, 1981).

El Subgrupo Petlalcingo constituiría la secuencia de una margen pasiva autóctona y el Subgrupo Acateco formaría el conjunto alóctono, incluyendo a la Formación Xayacatlán, que representaría una ofiolita desarrollada durante la expansión oceánica en la etapa de separación de bloques continentales. Por otra parte, la eclogitización de esta ofiolita y de los Granitoides Esperanza intrusionados previamente, indicaría probablemente el inicio de la etapa de cierre de la cuenca oceánica. Finalmente este autor interpreta que el cabalgamiento de la Formación Xayacatlán, Esperanza y Tecamate, sobre las formaciones del Subgrupo Petlalcingo, pudo haber ocurrido en el marco de la colisión de dos masas continentales.

Estos procesos muestran bastante semejanza con las fajas deformadas y metamorfozadas en el Apalachiano-Caledoniano de Norteamérica (Ortega, F. 1981, 1984). Las evidencias presentes permiten reconocer los diastrófismos Acadiano y Apalachiano. A partir del Paleozoico Tardío el Terreno Mixteco debe haber estado sujeto a un levantamiento intenso y a una profunda denudación que duro hasta el final del Pensilvánico, cuando comenzaron a depositarse los sedimentos de las formaciones Matzitzi y Olinalá sobre las rocas cristalinas expuestas del Complejo Acatlán (Morán Zenteno, 1987).

Aparentemente la Formación Matzitzi se encuentra cubriendo tanto al Complejo Oaxaqueño como al Complejo Acatlán, lo que nos haría pensar que ambos terrenos se encuentran ya amalgamados y comparten por lo tanto una historia común. De lo anterior se infiere que ambos terrenos por lo tanto, debieron entrar en contacto durante el devónico como consecuencia de la clausura del Iapetus (Urrutia, 1984).

El contacto entre el Terreno Oaxaca y el Mixteco lo constituye una zona de milonitas la cual ha sido interpretada como zona de repetidos movimientos desde el Paleozoico (Ortega, 1978).

Como lo indica Morán Zenteno (op.cit.) si se acepta que la Formación Matzitzi se depositó sobre ambos terrenos cristalinos y además se lograra documentar, claramente su contemporaneidad, al menos parcial, con la Formación Los Arcos o los otros cuerpos recientemente descubiertos, se podría reconocer para el pensilvánico una clara polaridad de la sedimentación; continental en el oriente actual (Formación Yododeñe y Matzitzi) a marina en el poniente (Formación Olinalá).

En estudios recientes y con modelos de evolución tectónica basados en interpretaciones paleomagnéticas, Anderson y Schmidt

(1983) hacen propuestas específicas en relación a los valores angulares de las rotaciones para los bloques continentales de México. Estas rotaciones se interpretan a partir de la propuesta de fallas regionales de desplazamiento lateral izquierdo para el jurásico tardío y tomando en cuenta consideraciones geológicas y geométricas relativas a la continuidad de rasgos tectónicos regionales, de afinidades estratigráficas y de correspondencia en los contornos de los bloques, de acuerdo a este modelo a lo largo de la Megacizalladura Mojave-Sonora y del Cinturón Volcánico Transmexicano, durante el jurásico tardío, habría propiciado el emplazamiento en el espacio del sur de México, de la porción continental que incluye a los Terrenos Oaxaca y Mixteco. (fig. III.4).

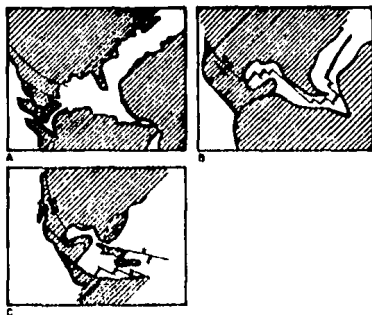
Más recientemente en sus trabajos paleomagnéticos sobre el Terreno Mixteco (Morán Zenteno; Urrutia-Fucugauchi; H. Bonel y E. González., 1988), señalan que el desplazamiento tectónico debe haber ocurrido durante el jurásico y el cretácico temprano.

La posibilidad de que a lo largo del actual Cinturón Volcánico Transmexicano se haya desarrollado una discontinuidad tectónica con desplazamiento izquierdo durante el jurásico tardío, no puede ser claramente resuelta con los datos geológicos disponibles. No existen reportes de terrenos cristalinos correlacionables con el Complejo Acatlán, que se encuentren ubicados inmediatamente al norte del Cinturón Volcánico Transmexicano y que permitieran hacer algunas inferencias en relación al supuesto desplazamiento. Para el Cinturón Precámbrico de Oaxaca, que se considera unido al Complejo Acatlán desde el Paleozoico, si se ha interpretado una continuidad con los cuerpos correlacionables ubicados en el noreste de México y con la Faja de Norteamérica (Fries, et. al., 1962), sin embargo las localidades precámbricas se encuentran aisladas.

Las manifestaciones volcánicas representadas por La Ignimbrita Las Lluvias y de la zona de San Juan Diqiyú, hace la posibilidad de que para el triásico-jurásico el Terreno Mixteco se encontraba en la proximidad con un arco magmático asociado a un límite convergente de placas, como se ha interpretado para gran parte del occidente de México (Campa y Coney, 1983), y congruente con el hecho de que durante ese intervalo de tiempo tuvo lugar en mayor o menor grado vulcanismo en México (Corona Esquivel, 1981 (1983)).

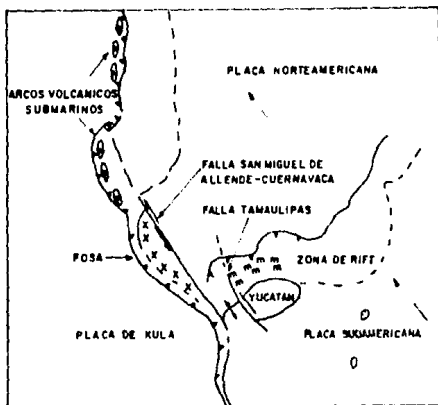
Asimismo Vélez S. D., (1990) menciona que durante este intervalo esta porción estaba sometida a una etapa de erosión o no depósito, resultado del diastrofismo Apalachiano, mientras que en la región correspondiente al Terreno Guerrero durante estos periodos se evidencian fenómenos volcánicos, sincrónicos a la apertura del Protogolfo de México. Este mismo fenómeno se presenta en la parte sur comprendida por el Complejo Xolapa. (fig. III.5)

Para el jurásico medio-tardío sobre el Terreno Mixteco se desarrollan fosas tectónicas que son rellenas con cuñas clásticas y volcanoclásticas (Grupo Consuelo), evolucionando a depósitos paludales, litóral y marinos de plataforma (Grupo Tecocoyunca), (Vélez op. cit.). Estos depósitos forman la base de la llamada



Situación Tectónica de México y Centroamérica en el Jurásico según los Modelos de A) Pilger (1978) B) Dickinson y Coney (1980) y C) Anderson y Schmidt (1983). Las líneas dobles representan los Dorsales Oceánicas, Las líneas sencillas representan las fallas de desplazamiento lateral.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
EVOLUCION TECTONICA DEL JURASICO	
SAUTIN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RANGEL J. ANTONIO	1991 Pág. III. 4



Sincrónicamente a la apertura del Golfo de México, se presentaron arcos volcánicos en la región Peripacífica.

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MODELO TECTÓNICO

BAYTAN RAMÍREZ EDUARDO
SOLÍS RAMÍREZ J. ANTONIO

1991 Pág. 28. 6

Cuenca de Tlaxiaco. En el occidente se presentan arcos volcánicos con sus mares marginales asociados, cuya evidencia se hace más palpable en el jurásico tardío e inicios del cretácico, en esta época se presenta un fuerte diastrofismo correlacionable con la Orogenia Nevadiana que en la cuenca de Tlaxiaco provoca un levantamiento regional (Vélez S. D., op. cit.).

En las reconstrucciones paleogeográficas internas para el Terreno Mixteco planteadas por Morán Zenteno (1987), en el jurásico muestran conexiones marinas hacia el sur y suroeste con porciones emergidas hacia el norte. La aparente terminación de los cuerpos hacia el norte no guarda una clara correspondencia con la situación estratigráfica con el Estado de Hidalgo y el norte de Puebla, en donde han sido reportadas secuencias marinas del jurásico superior y del liásico (Segrestrom, 1962; Carrillo Bravo, 1965), pero estos no son elementos para favorecer la interpretación de una discontinuidad lateral mesozoica.

En el jurásico como lo plantea Morán Zenteno (1987), las principales interrogantes que se plantean es la polaridad de la sedimentación jurásica en el Terreno Mixteco y la ausencia aparente de estas secuencias sobre el Terreno Oaxaca, ha sido esto utilizado como la evidencia de una posible unión cretácica de los Terrenos Mixteco y Oaxaca (Ramírez, J. 1984). Sin embargo, la ausencia de discordancias angulares pronunciadas entre el jurásico y cretácico en la proximidad del límite de ambos terrenos, hace improbable dicho evento de unión (Morán Zenteno, 1987).

III.2.3. TERRENO JUAREZ

Este terreno se localiza en la parte más oriental de los terrenos con características de arco volcánico, situado al occidente de México; por lo tanto representa el límite de éstos con el terreno de margen pasivo del oriente del país (Espinosa R. J., 1984).

Los conjuntos volcánicos y sedimentarios parcialmente metamorfozados de la Sierra de Juárez, alteran la homogeneidad de este dominio y su presencia no esta claramente comprendida. Carfantán (1983) ha sugerido que este conjunto petrotectónico es el resultado de la apertura y cierre de una cuenca oceánica, ocurridos entre el Portlandiano y el Turoniano, debido al desarrollo de un rift que se conectaba con una unión triple a la dorsal ubicada entonces entre Yucatán y Sudamérica.

Para el Titoniano-Barremiano se definen en forma general dos dominios estratotectónicos en la porción sur central de México. El primero, localizado al oriente, se caracteriza por secuencias marinas depositadas en cuencas y plataformas producto de la apertura del Golfo de México (Morán, 1986), el segundo ubicado al occidente, es denominado sistema de arcos volcánicos (Arcos Alisitos-Teloloapan Ixtapan de la Sal (Coney, 1983)).

Sobre el Terreno Juárez estos eventos mayores están presentes por los dos tipos de sedimentación de dominio volcanosedimentario (Formación Chivillas) y un ambiente marino de facies de talud

(Formación Tuxpangillo), esta secuencia litoestratigráfica es propia de un margen activo ya que dicha asociación (sedimentaria y volcánica) es característica de una gran actividad tectónica desarrollada en una cuenca marginal postarco (Alzaga, R. H. y Pano A. A., 1990). Según estos autores al sur de Tehuacán, aflora el conjunto estratotectónico denominado Subterreno Cuicatlán (Pacheco y Ortiz, 1983), que esta constituido por una complejidad de rocas ígneas emplazadas en el jurásico medio-superior, dando lugar a una migmatización que caracteriza al Subterreno Cuicatlán (Mújica, 1978). Pacheco y Ortiz (op. cit.), han interpretado este terreno como la raíz de un arco.

Las características de las lavas subacuosas, y la porción sedimentaria de la Formación Chivillas (por un lado) y las interpretaciones del Subterreno Cuicatlán (por otro), permiten asociar este paquete estratotectónico al dominio del occidente dentro del sistema arcos volcánicos (Aisitos-Teloloapan-Ixtapan de la Sal). (fig. III.6)

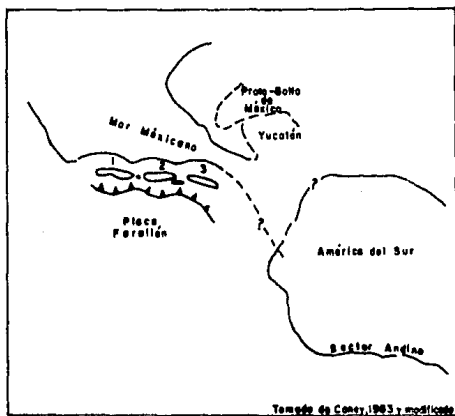
De acuerdo a las características internas del Terreno Juárez semejante a una melange y a la presencia de bloques de rocas ofiolíticas, nos hace pensar en una zona de sutura, la cual de acuerdo a los datos paleontológicos del Terreno Juárez (Carfentan, 1983), ésta pudo haber culminado en el Hauteriano con la acreción en el occidente del Terreno Oaxaca y Mixteco.

Debido al estilo estructural del Terreno Juárez el cual queda incluido en el cinturón de pliegues y cabalgaduras de México, las relaciones estratigráficas de este son difíciles de observar; sin embargo se ha establecido que una secuencia de calizas del aptiano-cenomaniano cubre a la secuencia del arco (Carfentan, 1983).

III.2.4. TERRENOS SUPERPUESTOS

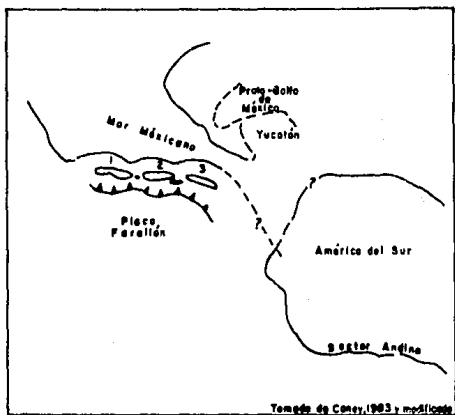
En la franja oriental de México se definen a partir del jurásico superior, los elementos paleogeográficos que controlaran la sedimentación durante la segunda mitad del Mesozoico, como consecuencia de la apertura del Golfo de México y los movimientos laterales activos durante el mismo proceso (desarrollado probablemente a lo largo de las posiciones del Cinturón Volcánico Transmexicano y el Istmo de Tehuantepec). Las primeras facies continentales y mixtas que anuncian la completa transgresión proveniente del golfo que cubre por completo a los tres terrenos que evolucionan como un solo elemento en el cretácico inferior, tienen sus principales afloramientos en la Cuenca de Tlaxiaco, Plataforma de Morelos-Guerrero y en el flanco este de la Sierra de Juárez.

Durante la primera mitad del cretácico las franjas oriental y sureste de México, son transgredidas totalmente por el mar y se define un sistema de plataformas y cuencas (Banco Yucateco, Plataforma de Córdoba, Cuencas de Veracruz y Zongolica) (fig. III.7) con sedimentación principalmente calcárea y cinturones arrecifales del neocomiano al aptiano, la invasión de los mares



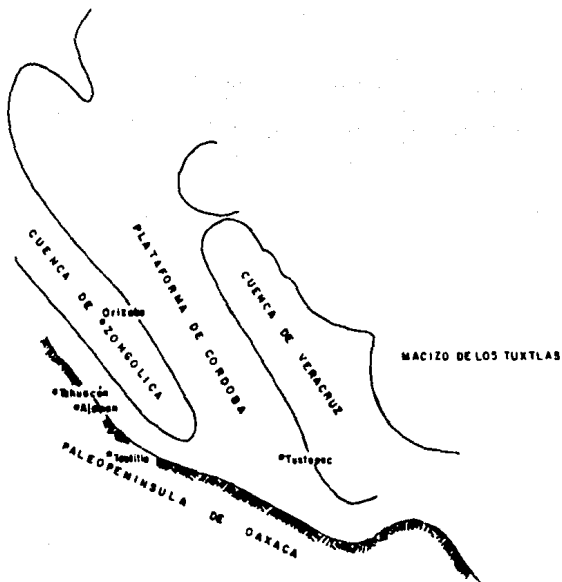
Desarrollo de arcos volcánicos, en el Jurásico Tardío -
Cretácico Temprano (1, 2, 3) (Alisitos -
Toluca - Ixtapan de la Sal - Tehuacán).

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SISTEMA DE ARCOS VOLCANICOS	
RAYAN RAMIREZ EDUARDO BONZALEZ RONDEL J. ANTONIO	1984 Fig. III. 8



Desarrollo de arcos volcánicos, en el Jurásico Tardío - Cretácico Temprano (1, 2, 3) (Alisitos - Teloloapan - Ixtapan de la Sal - Tehuacán).

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SISTEMA DE ARCOS VOLCANICOS	
GAYTAN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RONDEL J. ANTONIO	1981 Fig. III. 6



Paleogeografía para el Jurásico-Tardío- Cretácico - Temprano.

Tomado de Vazquez, E.A. (1977)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
PALEOGEOGRAFIA DEL JURASICO SUPERIOR	
SAYTAN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RAHUEL J. ANTONIO	99: Fig. 222. 7

del golfo de México (miogeosinclinal) y del pacífico (eugeosinclinal) alcanza su máximo desarrollo con cierta actividad volcánica en el Neocomiano (Lopez Ramos, 1979). Para el cretácico tardío, la sedimentación marina comenzó a registrar en la porción centro-meridional de México una creciente influencia detrítica, como resultado de la deformación y emersión del dominio occidental a partir del Cenomaniano (Campa, 1978), mientras que en el sur y sureste de México la sedimentación calcárea prevalece hasta los inicios del terciario.

Estas deformaciones compresionales están relacionadas con la interacción de la Placa Norteamericana y la Placa Pacífica en un periodo limitado por cambios mayores en el movimiento de estas placas, 80-40 m.a.a.p. (Coney, 1976). Esto dió como resultado el desarrollo de un cinturón de pliegues recostados y cabalgaduras úbicadas detras del arco y a lo largo de toda la Cordillera Norteamericana y la Sierra Madre Oriental.

Las deformaciones compresionales del principio del cenozoico se manifiestan en la porción central de México con la formación de pliegues y cabalgaduras hacia el este, fenómenos que se desarrollan en forma particularmente intensa en la Sierra de Juárez, el cinturón de pliegues y cabalgaduras que se formó sobre una bifurcación (Campa, 1984), esta se encuentra actualmente sepultada por el Cinturón Volcánico Transmexicano y se pueden encontrar vestigios de estas manifestaciones en las estructuras de la Sierra del Tenzo.

III.3. SIERRA MADRE ORIENTAL

La Sierra Madre Oriental es una faja montañosa orogénica formada por una serie de plegamientos alargados que inicia en Monterrey N.L., en su límite N y corre en dirección NNW-SSE casi paralela a la costa del Golfo de México, hasta el Estado de Puebla. En su límite geológico del E se encuentra la Sub-Provincia de la Cuenca de Tampico-Misantla, al N se encuentra limitada por las Sub-Provincias Plataforma Burros-Picachos y Sierra de Tamaulipas mientras que al S esta limitada por el Cinturón Volcánico Transmexicano.

La serie de eventos tectónicos que sucedieron para dar origen a uno de los rasgos más característicos de la República Mexicana, como es la Sierra Madre Oriental iniciaron con el depósito de sedimentos mesozoicos que evolucionaron sobre un basamento precámbrico y paleozoico.

El basamento esta constituido de gneises y esquistos de edad Precámbrico o Paleozoico Inferior, se originó debido a un fenómeno tectónico de gran magnitud que posiblemente formo parte del episodio metamórfico de la Orogenia Oaxaqueña, que equivale en edad a la Orogenia Grenvilliana (Carrillo B. 1965). Ya que las rocas aqui encontradas tienen gran semejanza con las rocas de este cinturón que se originó en la segunda mitad del paleozoico como consecuencia del cierre del Océano Proto Atlántico.

En el pérmico inferior la zona recibió un gran volumen de sedimentos arcillo arenosos de tipo flysch, representada por la Formación Guacamaya. Después del depósito de éstos sedimentos, en el Pérmico Superior la zona emergió y se manifiesta la Orogenia Apalachiana, como consecuencia de esta se originaron una serie de horsts y grabens, debido a que durante este periodo, el noreste de México estuvo sujeto a esfuerzos tensionales relacionados con la apertura del Golfo de México (Padilla y S. 1982). Con esta orogenia llega a su fin la Era Paleozoica.

A través de todo el periodo Triásico la zona permaneció emergida y al finalizar dicho periodo se depositaron los lechos rojos de origen continental representados por la Formación Huizachal. Posteriormente al depósito de los sedimentos se manifiesta la Orogenia Palizada dando origen a fosas que prevalecieron hasta el Jurásico, por lo que con este evento finaliza el Triásico.

En el Jurásico Inferior se verificó una transgresión marina (formando la Cuenca Liásica de Huayacocotla) que propició la sedimentación marina de una secuencia arcillo-arenosa y carbonosa (Carrillo B. 1965) y esta representado por la Formación Huayacocotla.

Para finalizar el Jurásico Inferior suceden levantamientos y fuertes plegamientos que afectan a la Formación Huayacocotla, para que predomine la sedimentación continental, depositándose capas rojas, que dan origen a la Formación Cahuasas durante el jurásico medio.

Una nueva transgresión se realizó al iniciar el jurásico superior y solo pequeñas áreas permanecieron emergidas o bajo aguas someras, esta transgresión predominó durante todo el jurásico superior. A fines del jurásico superior la inundación fue total y aumento a principios del cretácico.

Con la invasión de los mares del jurásico superior en la parte norte y noreste de México, comienzan a definirse los elementos paleogeográficos que actúan en todo el cretácico y que controlan la sedimentación y las deformaciones tectónicas. Entre los principales elementos que actuaron durante el mesozoico, en el área de la Sierra Madre Oriental y zonas adyacentes se encuentran el Geosinclinal Mexicano o Cuenca Mesozoica de México, la Plataforma San Luis-Valles, Isla de Coahuila, Archipiélago de Tamaulipas y el Antiguo Golfo de México.

Tardy M. (1980) relaciona estos eventos con la apertura occidental del Mar del Tethys durante la disgregación del supercontinente Pangea. Moran Z. (1984) hace mención de que en tiempos anteriores a la transgresión jurásica, durante la sedimentación continental del triásico gran parte de lo que actualmente es México pertenecía al sector occidental del Continente Pangea.

Con lo anteriormente descrito se concluye que en el Jurásico de México suceden dos dominios importantes, el primero es resultado de la apertura del Océano Atlántico y el Golfo de México, que se ubica en el occidente de México, representada por una margen convergente y una zona de arco magmático de tipo andino

adyacente, esto es resultado de la subducción de la Placa Paleopacífica debajo del Continente Norteamericano; el segundo es la migración de Norteamérica hacia el noroeste, es un dominio de tipo geosinclinal, originado por la transgresión marina del Jurásico Superior, sobre el oriente del país, al tiempo de la apertura del Golfo de México, dicha transgresión dió origen a depósitos calcáreos y a la presencia de elementos cratónicos en forma de porciones emergidas y de altos fondos marinos.

A fines del Jurásico y principios del Cretácico se presenta la orogenia Nevadiana y se originan una serie de basculamientos, este evento no provoca cambios relevantes.

En el Cretácico Inferior ocurren depósitos de mar abierto en la Cuenca Mesozoica de México y en el antiguo Golfo de México, mientras que en la Plataforma San Luis-Valles se depositan secuencias evaporíticas.

En el Cretácico Medio se genera una transgresión marina que cubre los últimos elementos positivos y se desborda sobre la porción occidental de México. En el perímetro de la Plataforma San Luis-Valles se desarrolla una franja arrecifal flanqueada por depósitos post-arrecifales y pre-arrecifales, dichos depósitos tienen similitud con la Isla de Coahuila y el Burro.

En el Cretácico Superior se presenta un cambio en el régimen de sedimentación en el oriente de México, como consecuencia del levantamiento y deformación del dominio occidental, debido a la subducción de la Placa Paleopacífica debajo de la porción continental de México. La presencia de estos eventos provocan aporte de sedimentos detríticos de la parte occidental de México donde se efectuaba un levantamiento asociado a la actividad volcánica y plutónica. En esta época los mares se retiran paulatinamente hacia el oriente, con deltas progradantes. Por lo que la secuencia calcárea del oriente empieza a ser cubierta por grandes espesores de sedimentos detríticos.

De esta manera los dominios occidental y oriental de México que no estaban relacionados y que cada uno actuaba con características propias, se ven interrelacionados estrechamente con las deformaciones de finales del Mesozoico.

Para finalizar el Cretácico se presenta la Orogenia Laramide que provoca levantamientos y plegamientos de los sedimentos del Geosinclinal Mexicano, que originan la estructura de la Sierra Madre Oriental, Sierra de Tamaulipas y Macizo de Teziutlán y formando también varias antefosas a lo largo de la margen oriental de la sierra, como la Fosa de Chicontepec.

Según De Cserna (1979) considera que los pliegues de la secuencia mesozoica aumentan de intensidad desde la Mesa Central hasta la Sierra Madre Oriental, por efecto de la época de las deformaciones de las masas cratónicas de la Plataforma de Coahuila y la Península de Tamaulipas, los esfuerzos provenientes del suroeste provocaron la deformación de la secuencia a partir de la base de evaporitas oxfordianas, que sirvieron de superficie de deslizamiento. Según Padilla y Sánchez (1982) la distribución de los pliegues y cabalgaduras del NE de México se explica por un movimiento de Norteamérica hacia el NW con respecto a México, mas

que por la acción de esfuerzos compresivos coaxiales de orientación SW-NE. Según Coney (1976) las deformaciones orogénicas coinciden con un cambio de movimientos de las placas tectónicas, ya que la Placa Norteamericana y Placa Paleopacífica que convergían de manera oblicua en el occidente de México empezaron a realizarlo frontalmente y con mayor velocidad. Según Tardy M. (1975) sugiere la existencia de una Napa de dirección N-NE.

En el Paleoceno se formó la antefosa de Chicontepec y en ella se depositaron gran cantidad de sedimentos tipo flysch, los cuales provenían de áreas que comenzaban a levantarse al W y al E de dicha antefosa. Posteriormente se depositaron grandes espesores de sedimentos tipo molasse que corresponden a la época de máxima orogenia. Estas capas fueron posteriormente plegadas adquiriendo orientaciones NNW-SSE.

Con estas deformaciones empieza la edificación de la Sierra Madre Oriental y se inicia la historia continental, de este rasgo característico de la República Mexicana.

En el Terciario inferior la Cuenca Tampico-Mitlantla, que se encuentra limitada por estructuras orogénicas del inicio del cenozoico, como la Sierra de Tamaulipas al Norte, Sierra Madre Oriental y Antefosa de Chicontepec al este, desarrolla una gran secuencia de sedimentos marinos arenó-arcillosos, este depósito ocurrió en el marco de una regresión hacia el este donde se depositaron los sedimentos terrígenos de la Formación Velasco (Paleoceno Sup.), Chicontepec (Eoceno Inf.), Aragón, Guayabal y Chapopote-Tantoyuca (Eoceno), Palma Real (Oligoceno).

En el Oligoceno inferior inician los depósitos conglomeráticos que en el sur de Puebla llevan el nombre de Grupo Balsas y en regiones aladañas a Pachuca Hgo. se les denomina Grupo el Morro (Fries C. 1963).

La actividad ígnea de la parte sur de la Sierra Madre Oriental a fines del mesozoico y principios del cenozoico se manifiesta en forma de intrusiones graníticas.

En el Oligo-Mioceno existe una intensa actividad ígnea de tipo extrusivo (basaltos alcalinos) de la cual quedaron como vestigios, los derrames basálticos y depósitos piroclásticos que coronan las montañas.

Esta región se relaciona con la Provincia alcalina del Golfo de México, más que con el extremo oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano (Demant A. 1978).

III.4. CINTURON VOLCANICO TRANSMEXICANO

El Cinturón Volcánico Transmexicano es una cadena montañosa de origen volcánico que se origina en el Plio-Cuaternario, que presenta una orientación general E-W que se extiende desde San Blas Nay. hasta Jalapa Ver., (Demant A., Robin C., 1975).

Mooser (1975) distingue en el Cinturón Volcánico Transmexicano dos partes, una occidental en Jalisco y la otra al oriente en Puebla, en tanto que Demant y Colegas (1976), hacen mención de que predominan los productos volcánicos, y que son muy

diferentes tanto en edad como en composición y tipo, por lo que lo divide en cinco partes principales, definidas por sus orientaciones y características vulcanológicas.

- 1._ Graben Tepic Chapala
- 2._ Graben de Colima
- 3._ Vulcanismo en el Estado de Michoacán
- 4._ Los Valles de México, Toluca y Puebla
- 5._ Extremo Oriental

1._ La fosa tectónica de Tepic-Chapala, caracterizada por su orientación NW-SE, y la presencia de cuatro volcanes principales, además se asocian a estos numerosos conos cineríticos alineados según las fracturas regionales NW-SE.

2._ La fosa tectónica de Colima que se extiende en dirección N-S.

3._ En Michoacán, donde más abundan los volcanes Cuaternarios, la distribución de los conos permite inferir la existencia de líneas de fracturas NE-SW.

4._ Al oriente de estas fallas se ubican los grandes Valles de Toluca, México y Puebla, caracterizados por la presencia de cuatro de los siete estratovolcanes principales del Cinturón Volcánico Transmexicano, separados por amplias zonas lacustres. La Sierra Chichinautzín que se extiende desde Toluca hasta el pie de la Sierra Nevada, esta formada por una serie de pequeños volcanes con orientación NE-SW.

5._ Finalmente mas allá de Puebla, el Cinturón Volcánico Transmexicano termina con su parte más oriental de rumbo N-S, limitada al este por la cadena Pico de Orizaba-Cofre de Perote.

El área de estudio del Cinturón Volcánico Transmexicano, correspondiente a este trabajo es la de Los Valles de México, Toluca y Puebla y el Extremo Oriental. Esta zona se caracteriza por la presencia de los volcanes más grandes de México, como son: Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccihuatl y La Malinche, que se extienden en dirección E-W a lo largo del Cinturón Volcánico Transmexicano.

Para determinar la edad del Cinturón Volcánico Transmexicano los autores Mooser, 1969; Gunn y Mooser, 1970; Nøgendank, 1972; Bloomfield, 1975; Thorpe y Francis, 1975, reconocen dos ciclos volcánicos: uno oligo-miocénico y otro plio-cuaternario o bien señalan el principio de la actividad eruptiva durante el oligo-mioceno, y describen a las rocas más antiguas como andesitas, dacitas, riolitas e ignimbritas. Las características petrográficas demuestran, que la evolución magmática de estas rocas no corresponde con la curva de evolución del vulcanismo plio-cuaternario. Por lo que se deduce que el vulcanismo oligo-miocénico constituye el basamento de la zona volcánica central y no pertenece a la secuencia del Cinturón Volcánico Transmexicano.

Los estratovolcanes del Cinturón Volcánico Transmexicano han sido considerados como pliocénicos o plio-cuaternarios (Mooser,

1961; Bloomfield y Valastro, 1977). Ya que estudios actuales sobre el Iztaccihuatl muestran que este volcán tiene una edad radiométrica menor a 1 m.a., de esta manera Demant A., 1978; considera que el vulcanismo del Cinturón Volcánico Transmexicano es unicamente plio-cuaternario y que la mayoría de la actividad volcánica se produjo durante los últimos 2 m.a..

Dentro de las manifestaciones del vulcanismo plio-cuaternario del Cinturón Volcánico Transmexicano se pueden diferenciar: grandes estratovolcanes de vida larga, pequeños conos y derrames de actividad breve, productos riolíticos que son escasos y se agrupan en ciertas áreas.

Los estratovolcanes están constituidos por lavas de características muy semejantes, son rocas porfídicas de composición dacítica (Demant A. 1978), considerando de una manera global la evolución en tiempo de los estratovolcanes, se puede ver que sus etapas de construcción siguen un patrón común. Las primeras lavas emitidas son derrames gruesos de dacita con anfífolas. Durante esta fase son frecuentes las emisiones de nubes ardientes que generan a su vez lahares y depósitos aluviales. Los volcanes crecen así en altura, por la acumulación de lava y se extienden lateralmente, con pendientes suaves por depósitos de material proveniente de las fases explosivas. En la fase final de esta primera etapa, cuando el volcán tiene un tamaño importante, generalmente se producen erupciones muy violentas.

Estas erupciones con emisión primero de pómez y después de cenizas y lavas andesíticas son interpretadas como resultado de un fenómeno de diferenciación en una cámara magmática, con formación de una fase rica en gases. El Popocatepetl y el Pico de Orizaba actualmente se encuentran en una fase fumarólica, han alcanzado un nivel de evolución más maduro, mientras que el Cofre de Perote y La Malinche se encuentran en una fase de reposo.

Los estratovolcanes no se ubican al azar a lo largo del Cinturón Volcánico Transmexicano sino que, por lo general se orientan en dirección mas o menos N-S es el caso de la Sierra Nevada y la cadena Pico de Orizaba-Cofre de Perote y se diferencian así de los pequeños volcanes alineados según direcciones NE-SW.

Los pequeños volcanes o volcanes monogenéticos están constituidos por eyecciones piroclásticas alrededor del conducto y derrames de lavas de poca extensión, estos volcanes en ocasiones se desarrollan al pie de los estratovolcanes, no parecen tener relación con ellos. Los productos emitidos por estos pequeños volcanes son basaltos, basaltos andesíticos y andesitas.

Los productos riolíticos son escasos y junto con la ausencia total de ignimbritas constituyen otra de las características importantes del Cinturón Volcánico Transmexicano.

En la parte central y oriental de la zona de estudio son muy escasos los productos de diferenciación, existen dos grandes domos Cerro Derrumbadas y al norte de Laguna del Carmen. La Caldera de los Hornos que esta compuesta por rocas basálticas de carácter alcalino y grandes emisiones de pómez de composición dacítica, esta ubicada en el límite entre el Cinturón Volcánico

Transmexicano y la Región del Golfo de México, por lo que se explica la mezcla de los dominios alcalinos y calci-alcalinos.

En lo que respecta a los eventos tectónicos que dieron origen al Cinturón Volcánico Transmexicano se hará mención de los que sucedieron en el Mesozoico hasta el Cuaternario. En el Jurásico Superior dio inicio el Ciclo Geotectónico Mexicano, representado por la tectónica de convergencia en la región occidental y la divergencia en la región oriental o del Golfo de México.

La región NW de México se vió afectada por la subducción de la Placa Oceánica Farallón bajo la Placa de América del Norte, este proceso dió origen a un magmatismo de tipo arco insular que marcó el borde del mar epicontinental formando una cordillera pacífica (Clarck, et. al., 1978; Demant y Robin, 1975; Jensky, 1972). Mientras que la región oriental del continente mexicano se encontraba sumergida bajo las aguas que constituían y formaban las cuencas del Golfo de México afectado por una tectónica regional de divergencia por la expansión del fondo del Océano Atlántico.

Como consecuencia de la subducción se inició la emisión de magmas andesíticos calco-alcalinos, producto de la corteza basáltica oceánica descendente, este material viene a formar el basamento de la Sierra Madre Occidental. El basamento se halla cubierto por sedimentos del jurásico superior y cretácico inferior los que sufrieron más tarde un levantamiento acompañado de un plegamiento durante la Orogenia Laramide (Demant y Robin, 1975).

En el Jurásico superior o cretácico inferior se llevo a cabo un levantamiento general y una actividad volcánica, y al mismo tiempo una acumulación de sedimentos en mares someros. Despues en el cretácico tardío y paleoceno continúa el desarrollo de cuerpos batolíticos y planicies (James D. E. 1973).

En el Cenozoico continua la sumersión de la litósfera como consecuencia del movimiento de expansión del fondo y cordillera del Pacifico Oriental. El vulcanismo de la región occidental del Continente Mexicano se caracteriza por la emisión continua de andesitas, así como las intrusiones de granitos, y granodioritas (Demant y Robin, 1975).

En el Eoceno la idea general del movimiento de placas en subducción indica la terminación del movimiento de la Placa Farallón y el inicio de una tectónica de expansión relacionada con la apertura del Golfo de California, pero con la continuación del movimiento de subducción. El magmatismo asociado a esta fase tectónica da origen a la extrusión de andesitas, riodacitas e ignimbritas.

En el Oligoceno se inicia la formación del Rift Volcanotectónico detras de la Trinchera o Fosa de Acapulco, y comienzan los movimientos que forman el Golfo de California hace 30 m.a. (Gastil, 1972) debido al cambio de movimiento de las placas tectónicas (Mc. Dowell, 1972). Se intensificó la emisión de ignimbritas, riolitas y tobas de composición variada. En el oligoceno superior y el mioceno se inician las emisiones que van a dar origen al basamento del Cinturón Volcánico Transmexicano que indican cambios en la dirección de los esfuerzos tectónicos que dan lugar a la formación progresiva de la Fosa de Acapulco como

consecuencia del movimiento entre las Placas de América del Norte y Caribeña (Demant, 1978).

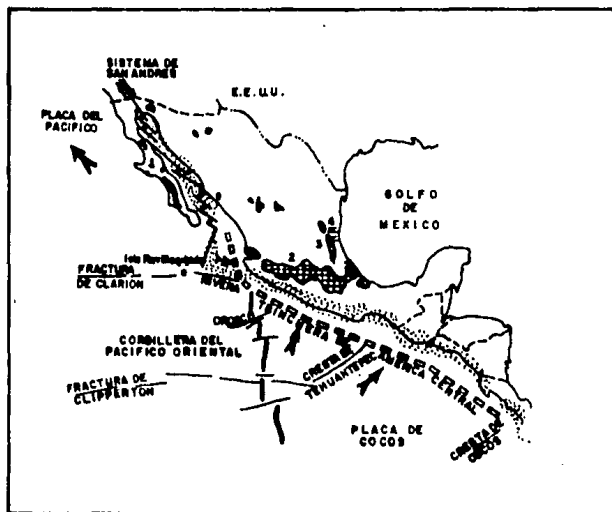
En el Mioceno inferior la corteza riolítica que por subducción se encuentra en etapa de anatexis, al descomprimirse asciende aprovechando el fracturamiento de las capas superiores y se originan extrusiones de riolitas e ignimbritas que continúan conformando la Sierra Madre Occidental.

Entre los 19 y 11 m.a. se manifiestan los últimos efectos de la compresión, como son las emisiones de vulcanismo calco-alcalino de margen continental ignimbritas y riolitas (Demant y Robin, 1975). Llega a su fin la subducción y se inicia la tectónica de expansión que se manifiesta por vulcanismo de tipo alcalino (Mooser, 1972) y el inicio de la abertura del Golfo de California desde hace 15 m.a. como protogolfo y por el inicio del fracturamiento y fallamiento NW-SE que da origen al Graben Tepic-Chapala (Demant, 1976). En este periodo el vulcanismo del Cinturón Volcánico Transmexicano aumenta de intensidad por la subducción que motiva la Fosa de Acapulco (Demant y Robin, 1975).

En el Plioceno continúa la subducción al continente originada por la tectónica de subducción de la Placa de Cocos contra la de América del Norte y Central (Mooser, 1972; Demant, 1976).

Existen varias hipótesis para explicar el origen del Cinturón Volcánico Transmexicano; entre las cuales se tiene la que considera como prolongación de la Fractura de Clarión, que es una gran falla de transformación del Pacífico oriental (Menard, 1955; Mooser y Maldonado-Koerdell, 1961). Para Gastil y Jensky (1973) corresponde a una falla dextral y constituye la prolongación del sistema del Golfo de California. Para Mooser (1969, 1972a y 1972b) considera la existencia de una geosutura reactivada por los procesos de subducción del terciario. Mooser (1975) considera una estructura zigzagueante del Cinturón Volcánico Transmexicano por una Placa de Cocos fragmentada en diferentes elementos con pendientes de hundimiento distintas. Urrutia y del Castillo (1977) siguen la idea de Mooser, pero proponen una disminución continua del ángulo y un aumento de la velocidad de hundimiento de la Placa de Cocos desde el oeste hasta América Central. Urrutia y Pal (1977) consideran con base en sus estudios paleomagnéticos, una rotación de México con respecto a la Placa Norteamericana, suponen la existencia de una parte continental al nivel de la Placa Farallón durante el jurásico-cretácico, que formaría actualmente la parte sur de México, separada por la Placa Norteamericana por un mar. Consideran que ambos continentes chocaron durante el Paleoceno y que la sutura se encontraría así en la posición del Cinturón Volcánico Transmexicano.

Existen numerosas y variadas interpretaciones pero nos avocaremos a relacionar el origen del Cinturón Volcánico Transmexicano con la subducción de la Placa de Cocos, debajo de la corteza continental de México, que a nivel de la astenósfera sufre fusión parcial y origina el magmatismo del Cinturón Volcánico Transmexicano. (fig. III.8).



- 1.- Provincia Magmática Californiana o Pacífico.
- 2.- Cinturón Volcánico Transmexicano.
- 3.- Vulcanismo de "trapp" de la Sierra Madre Oriental.
- 4.- Vulcanismo de las Planicies del Golfo de México.

(Tomado de Demant A. 1975)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ELEMENTOS TECTONICOS	
PLIO — CUATERNARIOS	
BARTAN RAMIREZ EDUARDO GONZALEZ RAMOS J. ANTONIO	1981 Fig. III. 8

CAPÍTULO CUARTO

IV. METALOGENIA REGIONAL

IV.1. LINEAMIENTOS METALICOS

La distribución de los lineamientos mineralizados de los Estados de Puebla y Tlaxcala fueron delimitados por asociaciones y predominancia de uno ó varios minerales. Dichos lineamientos pueden estar constituidos por uno, dos o varios tipos de yacimientos. Mediante el análisis de la disposición geográfica de estos lineamientos a lo largo del tiempo, es posible establecer la evolución metalogénica de la región dentro de un marco geológico y tectónico definido. En base a la interpretación de las 112 zonas mineralizadas y considerando a las asociaciones metálicas más frecuentes y su distribución con relación a estructuras regionales, se proponen los siguientes lineamientos metalogénicos. (fig. IV.1). A continuación se describen cada uno de ellos en base a su composición mineralógica.

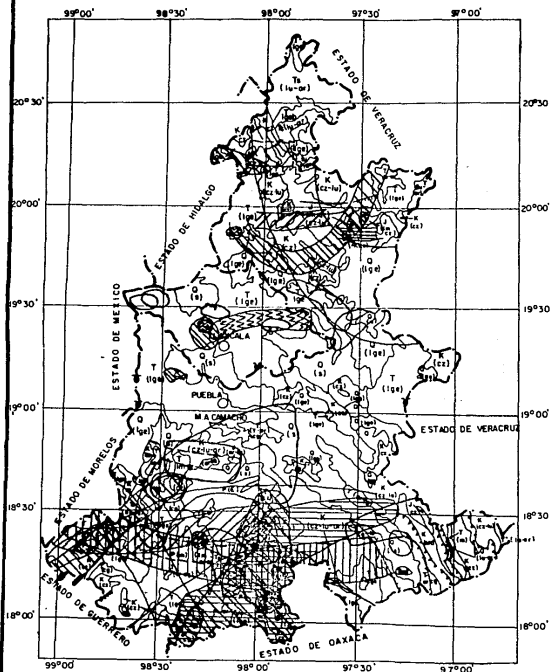
IV.2. LINEAMIENTO AURIFERO-ARGENTIFERO Au, Ag, (Pb, Zn, Cu)

Los yacimientos que contienen minerales de oro y plata, se localizan en la porción norte-centro de la zona de estudio, en general presentan una misma distribución geográfica y constituyen los yacimientos de mayor importancia en la región, en conjunto dichos yacimientos forman un lineamiento que tiene una longitud aproximada de 44 Km y un ancho promedio de 24 Km y que atraviesa transversalmente la zona, su continuidad aparentemente se prolonga hacia la porción este del Estado de Hidalgo. (fig. IV.2).

Se conoce la presencia de tres distritos mineros principales, Zautla, Cuyoaco y Tetela de Ocampo, donde se distribuyen las asociaciones minerales características. La génesis de estos yacimientos es atribuida a un intrusivo de composición diorítica a granodiorítica emplazada en rocas calcáreas de la Formación Pimienta, originando una zona de skarn ó tactitas. Las estructuras principales en estos yacimientos están representadas por relleno de fisuras (vetas o cuerpos tabulares) que generalmente son de corta extensión, diseminaciones y stock-work. Las estructuras mineralizadas se encuentran en parte controladas por fallas, algunas de las cuales siguen el rumbo de la estratificación y en parte difusas. Generalmente las estructuras mineralizadas se asocian a la existencia de halos de alteración que las bordean, presentan minerales secundarios derivados de procesos de silicificación, oxidación, granitización y caolinitización.

La asociación mineralógica presente en este lineamiento se podría ubicar dentro de un modelo de tipo hidrotermal donde las soluciones hidrotermales provenientes del cuerpo intrusivo emigraron por fallas, fracturas y planos de estratificación para

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS :



EDADES

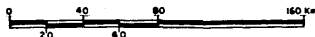
- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
- Intrusivas _____ Igi
 - Extrusivas _____ Ige
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
- Suelos _____ S
 - Lutita _____ lu
 - Limolita _____ lm
 - Arenisca _____ ar
 - Conglomerada _____ cg
 - Caliza _____ cz
 - Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**
- Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
- Esquistos _____ E
 - Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|-------------|--------------------|-----------------|----------|
| Au-Ag | Fe | GrNi-Co | Talco |
| Carbonatos. | Yeso | Polime-tálicos. | Sb |
| Ba | Caolín | Bentonita | Fosfatos |
| Mn-Fe | Bauxita | Salmueras | Carbón |
| Silíceos | Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

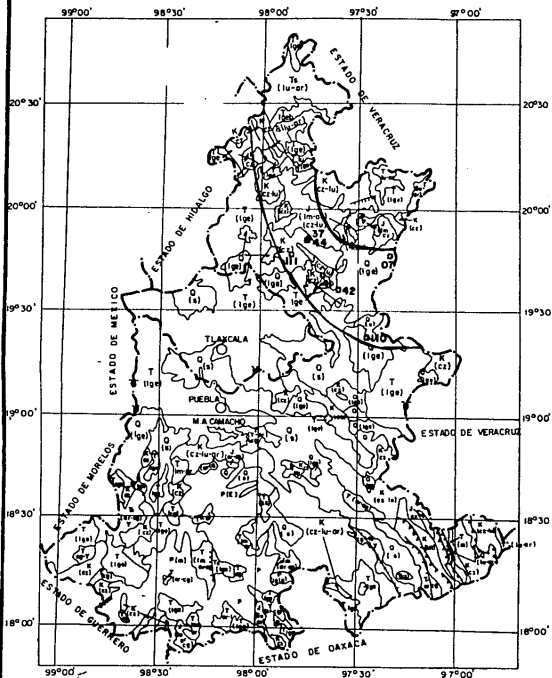
TESIS PROFESIONAL

ZONAS MINERALIZADAS

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
SOKALEZ RAMIREZ JANTOMIC

FIG. IV. 1

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: ORO-PLATA



EDADES

- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

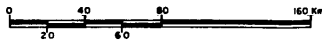
- ROCAS IGNEAS**
 Intrusivos..... lgi
 Extrusivos..... lge
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
 Suelos..... S
 Lutita..... lu
 Limolita..... lm
 Arenisca..... ar
 Conglomerada..... cg
 Caliza..... cz
 Yeso..... y
- ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS**
 Arenisca y Toba..... ar-t.

ROCAS METAMORFICAS

- Esquisto..... E
 Gneis..... Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> CrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbonatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polime-
tálicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Caolín | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía
Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. ORO-PLATA

formar un depósito mineral que se clasificaría como epitermal de temperaturas y presiones moderadas.

Gran parte de la geología del centro-sur de México está íntimamente relacionada con el movimiento de subducción de la Placa de Cocos, por debajo de la Placa Norteamericana. En esta etapa el desarrollo del arco magmático continental hacia el Mioceno se lleva a cabo por un período de vulcanismo andesítico, durante esta etapa magmática se forman intrusiones de rocas dioríticas y granodioríticas emplazadas en rocas calcáreas originando una zona de skarn ó tactitas, con las que se hallan relacionadas estos yacimientos, que fueron clasificados de tipo hidrotermal.

En la porción noreste de este mismo lineamiento se localiza el Distrito Minero de Teziutlán, que presenta la misma asociación mineralógica que las anteriores, con la diferencia que esta se encuentra emplazada en una unidad metamórfica del tipo esquistos correlacionable con el Complejo Acatlán de edad Paleozoico Inferior, y corresponden a mantos lenticulares en su mayoría erráticos, con una orientación general E-W y que son concordantes a la foliación de la roca.

Este tipo de mineralización se puede asociar a un yacimiento de tipo vulcano-sedimentario singenético a la roca encajonante, es decir la genesis esta relacionada a un vulcanismo félsico marino que puede ser el resultado de un proceso exhalativo sedimentario, es probable que los esquistos verdes definan el levantamiento estructural y paleogeográfico de una cuenca oceánica del precámbrico tardío y paleozoico temprano al final de la Orogenia Oachita-Huastecana durante el pérmio-triásico, como se evidencia al sur de México con el Complejo Acatlán.

IV.3. LINEAMIENTO POLIMETALICO Ag-Pb-Zn (Au, Cu)

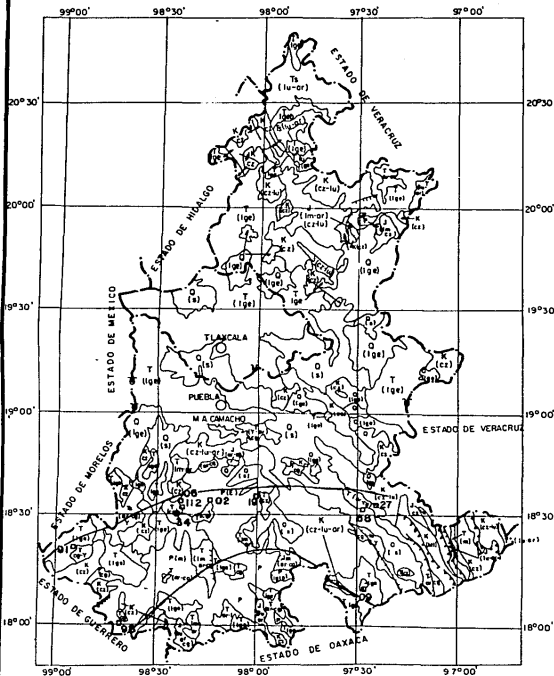
El lineamiento de yacimientos polimetálicos se localiza en la porción septentrional de la zona de estudio y tienen una dirección E-W, y además una amplia distribución geográfica. (fig. 1V.3). Estos se traslapan con el lineamiento de manganeso-hierro, entre los yacimientos más importantes que se encuentran localizados en este lineamiento son: El Socorro, La Providencia, Los fundos Mineros de Caltepec y Cerro de Dolores.

En general el tipo de estructuras presentes en este tipo de yacimiento es en vetas, en forma de cuerpos tabulares, vetas-falla, reemplazamiento, relleno de fisuras y diseminaciones. Indistintamente las asociaciones polimetálicas se encuentran encajonadas en rocas metamórficas, andesitas y calizas. La mineralización se presenta principalmente como galena argentífera, argentita, plata y oro nativos, incluidos dentro de metales base como pirita, esfalerita, galena, calcopirita, pirrotina y arsenopirita.

Las alteraciones importantes que se presentan son silicificación, argilitización, propilitización y oxidación.

Todos los yacimientos polimetálicos están relacionados a una

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: POLIMETALICOS



EDADES

PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SIMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivas _____ Igi
 Extrusivas _____ Ige

ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lutita _____ lu
 Limolita _____ lm
 Arenisco _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquisto _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	CrNi-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbo- natos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polime- tálicos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Bo	<input type="checkbox"/>	Caólín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Siíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. POLIMETALICOS

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO 1991
 GONZALEZ RAMIREZ JANTONIO 1991 Fig. IV. 3

intensa actividad hidrotermal originada por el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composición granítica y granodiorítica durante el Oligoceno-Mioceno Temprano.

También se presenta una asociación de minerales de Au-Cu que se puede considerar como secundaria y parece ser constituyente de los yacimientos hidrotermales, cabe mencionar que este lineamiento solo cuenta con información de 2 yacimientos (La Providencia y Lote Angélica).

Las características de emplazamiento de la mineralización es principalmente en forma de vetas-falla en la que las estructuras mineralizadas se presentan controladas por fallas en contacto; la alteración principal que se presenta es la silicificación y se observa en el contacto del intrusivo granítico y la roca caliza encajonante, en algunos casos la mineralización se concentra en las inmediaciones del intrusivo que presenta una zona de oxidación.

IV.4. LINEAMIENTO DE MANGANESO-FIERRO (Mn, Fe)

Los yacimientos de manganeso y fierro forman un lineamiento bien definido que se localiza en la región SW del área de estudio, con una orientación E-W (La Aurora, Tlaucingo, Providencia No. 2 y El Cuajilote). También existen yacimientos aislados de manganeso que presentan las condiciones geológico-mineras parecidas (Los Reyes Metzontla y Acatlán). (fig. IV.4).

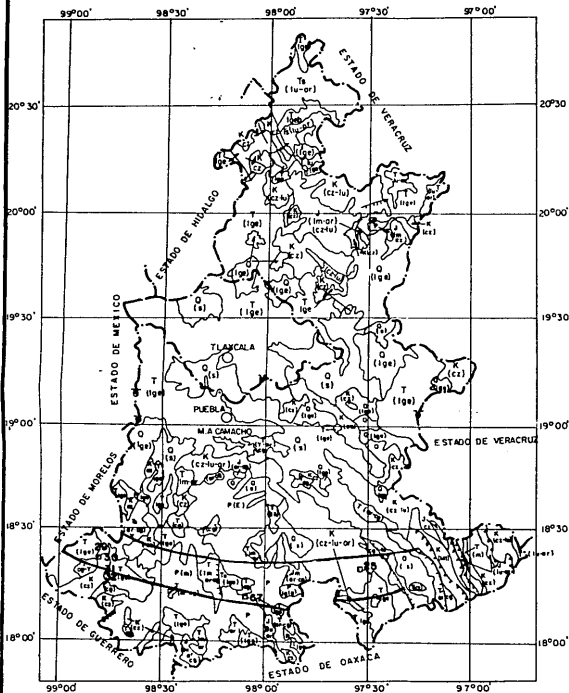
Este tipo de yacimientos es de origen hidrotermal y metasomático y lo conforman vetas, reemplazamientos encajonados indistintamente en rocas mesozoicas y rocas terciarias, asociadas con intrusiones de rocas granodioríticas. Se considera que la mineralización ocurrió durante el oligo-mioceno, a partir de soluciones hidrotermales que ascendieron a través de las fracturas rellenando las cavidades existentes para formar vetas y zonas de reemplazamiento, las alteraciones más importantes, caracterizadas en este tipo de yacimientos es una fuerte silicificación y oxidación.

Este lineamiento al norte es oscurecido por el Cinturón Volcánico Transmexicano, resulta importante constatar que existe una peculiar distribución regional de yacimientos de Fe, Mn y Ba emplazados la mayoría en vetas de relleno de fracturas y chimeneas de reemplazamiento en riolitas terciarias y calizas cretácicas, en los Estados de Michoacán, Guerrero, Chihuahua y Tamaulipas.

IV.5. DEPOSITOS DE FIERRO Fe

Los depósitos de fierro presentes en la zona de estudio se encuentran muy aislados, y se tienen manifestaciones de este, en la porción norte (Tlalislipa) y seis en la porción sur, de las más importantes reconocidas en esta parte se tienen (Tlaminalco, Jolalpan y Coameca), (fig. IV.5). Este tipo de yacimientos esta relacionado genéticamente con el emplazamiento de intrusivos calcocalalinos en rocas volcánicas y sedimentarias marinas.

**DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS:
MANGANESO-FIERRO**



EDADES

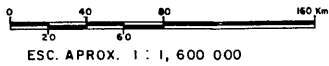
- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
 Intrusivos _____ lgi
 Extrusivos _____ lge
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
 Suelos _____ S
 Lutita _____ lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**
 Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
 Esquisto _____ E
 Gneis _____ Gn

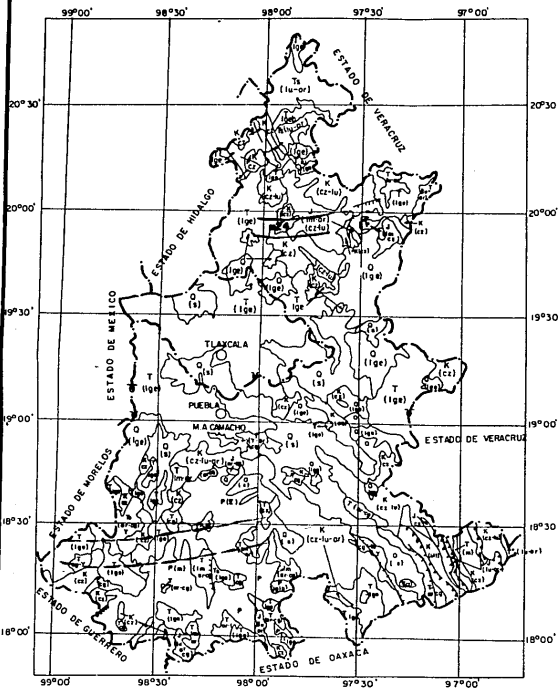
TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> CrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbonatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polimefálicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Caolín | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
YAC. Mn-Fe	
GAYTAN RAMIREZ EDUARDO	1991
GONZALEZ RAMON ANGEL JANTONIO	Fig. IV. 4

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: FIERRO



EDADES

PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivas _____ Igi
 Extrusivas _____ Ige

ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lutita _____ Lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerada _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquistos _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	Cr-Ni-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbonatos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polimetálicos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Ba	<input type="checkbox"/>	Coálín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Siíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				



ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. FIERRO

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO 1991
 GONZALEZ ANGELES JAMONICO

Fig. I.V. 5

Los yacimientos muestran haber sido alojados por procesos primordialmente de metasomatismo de contacto, además de un intenso afallamiento y alteración hidrotermal, las estructuras presentes en estos yacimientos son impregnaciones, espacios intergranulares y rellenos de fracturas. La edad de la mineralización está persistentemente asociada a intrusivos del Cretácico Superior ó Cenozoico Inferior, coincidiendo con el evento conocido como Orogenia Laramide.

IV.4. DEPOSITOS DE ANTIMONIO Sb

Los depósitos de antimonio se localizan en la porción suroeste y sureste de la zona de estudio, presentan un traslape con los lineamientos de manganeso-hierro y polimetálicos. (fig. IV.6). La paragenésis mineral está constituida por estibinita y cinabrio como mena y ganga de calcita, anhidrita y yeso. La concentración de estos yacimientos se encuentra muy reducida, se tiene la ubicación de dos yacimientos en la porción SW (Chiautla y Tulcingo) y uno en el SE de Tehuacán.

La mayor parte de estos yacimientos fueron formados por soluciones hidrotermales de bajas temperaturas dando origen a rellenos de fisuras y a depósitos irregulares de reemplazamiento.

El origen del antimonio podría provenir tanto de los intrusivos presentes ó por removilización a partir de concentraciones, diseminadas presentes en rocas volcánicas infrayacentes.

IV.7. DEPOSITOS DE BAUXITA

Los depósitos de bauxita se localizan al norte de la zona de estudio en Xicotepac de Juárez, con un área de 160 Km² en la cual se encontraron interesantes concentraciones de bauxita. (fig. IV.7).

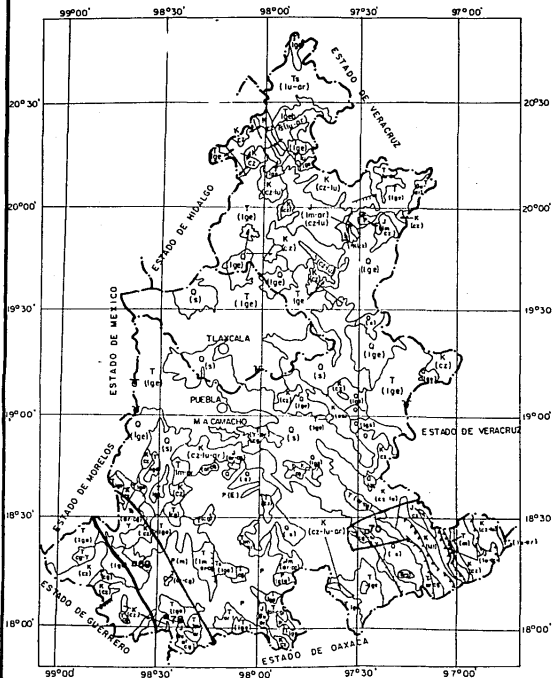
La bauxita es una laterita compuesta principalmente de óxidos hidratados de alumina y gibbsita con algunas impurezas principalmente de óxidos de fierro, sílice y titanio. Esta se forma a partir de la descomposición de las rocas bajo la acción del intemperismo intenso en un clima caliente y húmedo que tiene como característica principal la eliminación de la sílice y otras impurezas.

En esta zona se encuentran rocas volcánicas del mioceno-pleistoceno descansando discordantemente sobre las rocas calcáreas que se encuentran intensamente plegadas, de edad mesozoica. Encima de las rocas volcánicas se encuentra una capa de arcilla laterítica.

Los análisis químicos y de difracción de rayos, realizados en el Consejo de Recursos Minerales, demostraron que se trata de arcillas caoliníticas con contenidos de hidróxidos de aluminio.

De acuerdo a las teorías para la formación de una laterita se establece que estas arcillas caoliníticas se formaron a partir de

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: ANTIMONIO



E DADES

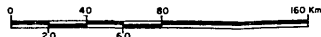
PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS	
Intrusivos	Igi
Extrusivos	Ige
ROCAS SEDIMENTARIAS	
Suelos	S
Lutita	lv
Limolita	lm
Arenisca	ar
Conglomerado	cg
Coliza	cz
Yeso	y
ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS	
Arenisca y Toba	ar-t.
ROCAS METAMORFICAS	
Esquistos	E
Gneis	Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	CrNi-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbo- natos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polime- tálticos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Ba	<input type="checkbox"/>	Caolín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Silíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

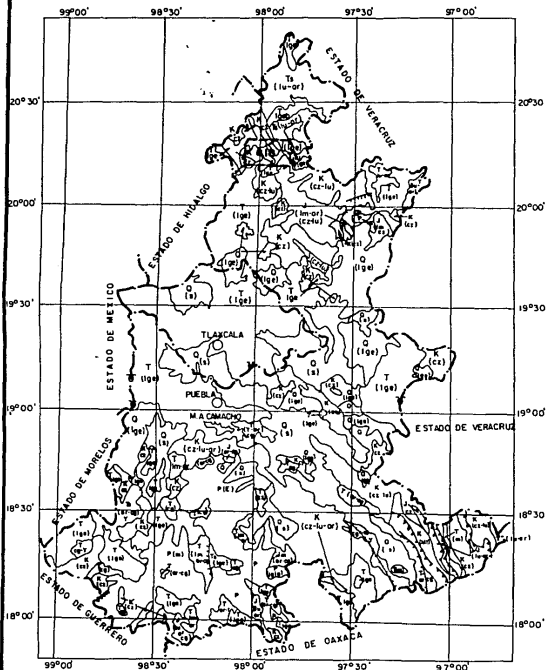
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. ANTIMONIO

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RANGEL JANTONIO 1991 Fig. IV. 6

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: BAUXITAS



EDADES

PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivos _____ Igi
 Extrusivos _____ Ige

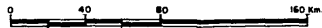
ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lutita _____ lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquisto _____ E
 Gneis. _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	CrNi-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbo- natos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polime- tálicos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Ba	<input type="checkbox"/>	Caoilín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Silíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. BAUXITAS

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
 GONZALEZ ANGEL JANTONIO

1981 Fig. IV. 7

Las rocas volcánicas en un clima subtropical lluvioso. Gracias a la permeabilidad de estas rocas volcánicas, se lleva a cabo una gran infiltración que permite la lixiviación y la formación de arcillas residuales en la localidad.

IV.8. ANOMALIAS DE CROMO-NIQUEL-COBALTO

En la región de Tehuizingo-Tecolutla se encuentran concentraciones de pequeños lentes y cuerpos podiformes de Cr, Ni y Co, encajonados en los esquistos verdes de la Formación Xayacatlán del Grupo Acateco (Complejo Acatlán). Los lentes son concordantes a la foliación y su disposición es errática, por lo que los prospectos por este mineral fueron abandonados. (fig. IV.8). La mayoría de las veces la cromita se presenta como cantos y material rodado en los arroyos que cortan un cuerpo ultramáfico. Solís-Muñoz (1978), reporta anomalías de cromo hasta del 11% en muestras de los prospectos mineros en Lengua de Vaca. Como valores promedio de Cr y Ni se reportan 0.32% y 0.19% respectivamente, por lo que no se consideran económicamente rentables para su explotación.

El origen de los "pods" de cromo en rocas ultramáficas es hasta ahora poco conocido atribuyéndose la mayoría a segregaciones del magma ultramáfico. Los más estudiados son aquellos incluidos en intrusivos lherzolíticos de tipo alpino, cuyo emplazamiento se ha asociado a eventos de ascenso de material del manto en forma diapírica (Nicolas y Violette, 1982, y Leblanc y Violette, 1983).

Como productos de alteración hidrotermal (metasomática) posterior a la serie ofiolítica se tienen depósitos de asbesto, magnesita y talco. En el área se encuentran varios prospectos a pequeña escala en catas y tajos a cielo abierto. También se conocen algunas concentraciones detríticas, producidas por arrastre en arroyos.

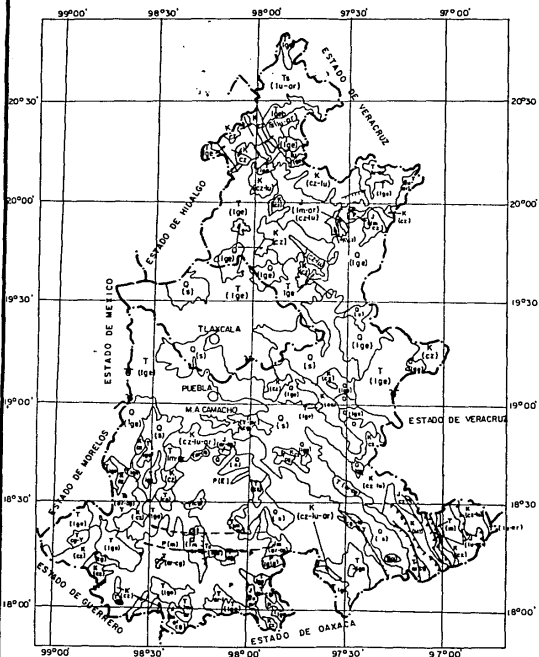
IV.9. ANOMALIAS DE URANIO

Cabe mencionar que los yacimientos de Tlacingo y La Aurora (descritos en el lineamiento de Mn-Fe) presentan anomalías de uranio. (fig. IV. 4).

Todos los distritos de la faja mineralizada que se extiende hasta los Estados de Querétaro, Puebla, México y Oaxaca, presentan relaciones estratigráficas y tectónicas similares determinándose una provincia uranífera bien definida con gradientes de presión y temperatura baja de tipo hepitermal, emplazada durante una metalogénesis, sincrónica del Oligoceno Tardío y correspondiente a la fase de ttrafogénia post-orogénica. (Bazan, 1982).

Los rasgos estructurales de los distritos uraníferos corroboran el efecto de procesos hidrotermales, asociados a eventos magmáticos con posibles eventos de removilización y emplazamiento del uranio hidrotermal a partir de concentraciones primarias en sedimentos continentales del Triásico y Jurásico.

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS:
CROMO-NIQUEL-COBALTO



EDADES

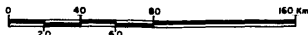
PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SIMBOLOS

ROCAS IGNEAS	
Intrusivas	Igi
Extrusivas	Ige
ROCAS SEDIMENTARIAS	
Suelos	S
Lutita	lu
Limolita	lm
Arenisca	ar
Conglomerado	cg
Caliza	cz
Yeso	y
ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS	
Arenisca y Toba	ar-t.
ROCAS METAMORFICAS	
Esquistos	E
Gneis	Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	Cr-Ni-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbo- natos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polime- tálicos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Ba	<input type="checkbox"/>	Caolín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Silíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				



ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. Cr-Ni-Co

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RAMSÉL JANTONIO

1991 Fig. IV. B

IV.10. DEPOSITOS DE BARITA

Los depósitos de barita se localizan principalmente en el sur de la zona de estudio. En la región norte existe un depósito que al parecer no tiene relación con los anteriores. (fig. IV.9).

La barita aparece generalmente como mineral de ganga en los filones metálicos, asociado especialmente a las menas de Ag, Pb, Cu, Co, Mn, Sb; también en filones que arman en calizas junto a calcita, en formaciones hidrotermales de diversas especies, sólo o con otros minerales especialmente sulfuros. En la mayoría de las localidades que se encuentra barita su formación es de origen magmático.

Las localidades más importantes que citaremos son las del Sur entre ellas las de Tecamatlán "Fundo New York", Teopantlán, Huehuetlán el Grande "Santa Martha", Izúcar de Matamoros "San Cristobal", estas 4 localidades se encuentran en y sobre el mismo tipo de rocas por lo que tienen origen similar. En esta región afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas.

Los depósitos de Teopantlán, Izúcar de Matamoros y Huehuetlán el Grande presentan similitud y están constituidos por rocas sedimentarias calcáreas posiblemente calizas de la Formación Mcrellos. También aparecen rocas metamórficas, las más antiguas de la región, y consiste de lutitas con bajo grado de metamorfismo. Las rocas ígneas asociadas son de tipo volcánico, consisten de un pórfido dacítico el cual intrusiono, fracturo y metamorfizo a la lutita, esta roca ígnea cambia gradualmente a dacita. El pórfido dacítico y la dacita como la lutita metamorfizada son las que están encajonando a los cuerpos de barita.

Las estructuras mineralizadas son de forma tabular (vetas) de longitud y profundidad variables, potencia media de 1-1.30 m en ocasiones forman bolsas mineralizadas.

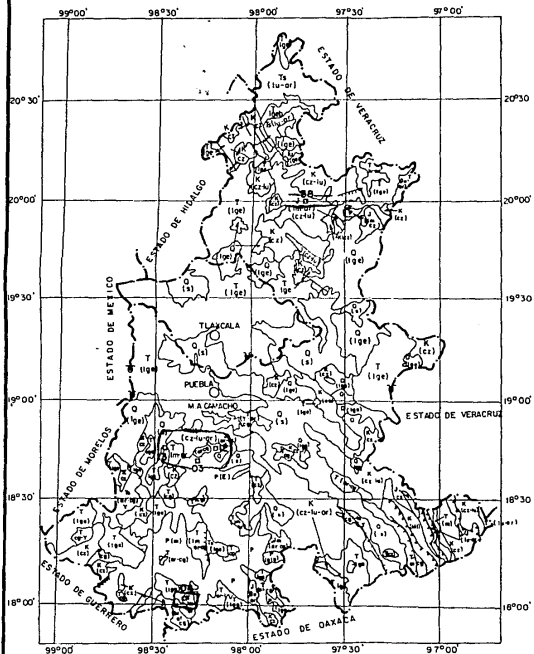
El origen de estos cuerpos es hidrotermal de temperatura y presión baja; los fluidos mineralizantes de sulfato de bario ascendieron por zonas de fracturamiento y fallas quedando depositado en éstas.

El depósito de Tecamatlán está constituido por un intrusivo de granito de muscovita; la mineralización se observa en el intrusivo. Este depósito es de origen hidrotermal de baja temperatura, la estructura que forma consiste en un manto de rumbo general NE 55° y buzamiento de 15° al SE con un espesor de 1.20 m. El tonelaje calculado es de 60 000 Ton. por lo que se clasifica dentro de los depósitos de tamaño mediano.

El depósito que se encuentra en el Norte de la zona de estudio, el de Zongozontla, está localizado en rocas sedimentarias e ígneas, areniscas y calizas, rocas basálticas y tobas. La estructura del depósito es de forma tabular (veta), cerrándose, en ocasiones, formando así clavos mineralizados de longitudes variables y profundidad somera; su potencia es de 1-1.50 m.

El origen de estos cuerpos es por soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión, a profundidad somera encajonándose en una arenisca que cambia frecuentemente a lutita.

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: BARITA



E DADES

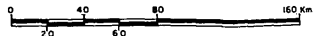
- PE** Precámbrica
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
 Intrusivos _____ Igi
 Extrusivos _____ Ige
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
 Suelos _____ S
 Lutita _____ Lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Coliza _____ cz
 Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**
 Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
 Esquisto _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|---------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> Cr-Ni-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbo-natos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polime-talicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Caolín | <input type="checkbox"/> Bertonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. BARITA

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
 GONZALEZ ANGELES JUAN CARLOS

1991 Fig. IV. 9

IV.11. DEPOSITOS DE SALMUERAS

Los depósitos de salmueras se localizan en la parte centro de la zona de estudio, al E del estado de Tlaxcala, en el Valle de Oriental y está claramente definida por las localidades de Oriental y Tepeyahualco. (fig. IV.10)

Los depósitos de salmueras se localizan en una cuenca endorréica del Altiplano Mexicano, formada por oclusión de eventos volcánicos Terciarios. El basamento de estas cuencas está formado por derrames basálticos y riolíticos. Se conocen dos tipos de salmueras que son las de carbonatos o sosa y sulfatos.

La forma en que aparecen las sales es en forma de sulfatos y carbonatos de sodio, formando el tequesquite (carbonato de sodio).

La edad de las salmueras es de fines del Pleistoceno, cuando ya estaban formados los volcanes Nevado de Toluca, Iztaccihuatl, Popocatepetl y el de La Malinche, ya que al manifestarse estos se formaron una serie de cuencas que es donde se generan las salmueras de la región. La geología está compuesta de rocas ígneas como basaltos y riolitas, además se menciona que las salmueras se encuentran cubiertas en algunas partes por material cuaternario. Las cuencas que se formaron son de tipo endorreico, generadas por oclusión volcánica terciaria. Las salmueras se originaron por acumulación de material volcánico en las partes superiores de la cuenca, posteriormente este material se erosiono e intemperizo y se depósito en la cuenca y esta a su vez fue alimentada por flujos de aguas alcalinas llevándose a cabo una intensa evaporación, por lo que sucede una cristalización por evaporación de soluciones ascendentes por capilaridad como producto de la fuerte evaporación en estas regiones alimentadas por flujos de aguas alcalinas. Estos depósitos son producto de procesos químicos de concentración en cuerpos acuosos superficiales por evaporación de solventes.

Las salmueras se encuentran en capas que miden 8 m de espesor con 2.5 Km. de largo por 2.0 Km. de ancho y está cubierta por una capa de sales secas que miden aproximadamente 1 m de espesor. Además se tienen salmueras contenidas en arenas y arcillas cuyo espesor interpretado es de 10 m, este yacimiento se localiza en la región de Tepeyahualco.

Las localidades características de este tipo de depósitos son las regiones de Oriental y Tepeyahualco. Estos depósitos forman un lineamiento de orientación NE, y son de tamaño pequeño y mediano respectivamente.

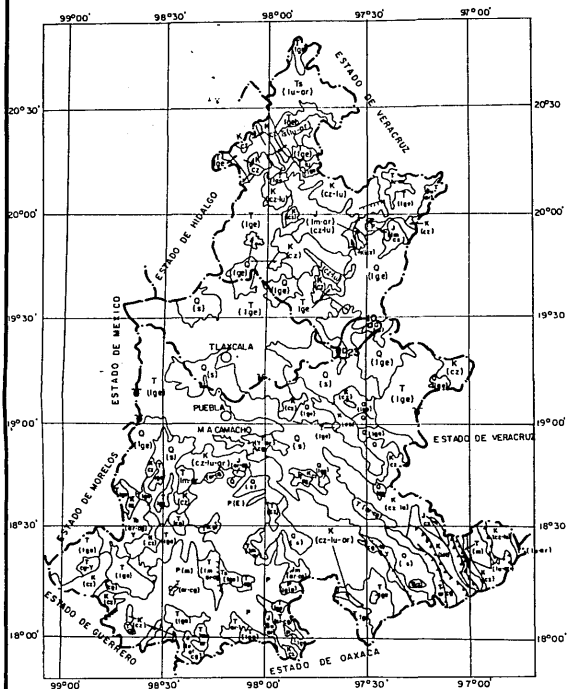
IV.12. DEPOSITOS DE TALCO

Los depósitos de talco se encuentran localizados en la parte sur del Estado de Puebla. (fig. IV.11).

La geología que se encuentra en la zona está caracterizada por rocas metamórficas como esquistos y filitas que son de edad Paleozoica. Este tipo de esquistos se formaron por efectos de metamorfismo regional de bajo grado de rocas ígneas ultramáficas.

Las rocas metamórficas de la región en donde afloran los

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: SALMUERAS



E DADES

- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- O** Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivos _____ Igi
 Extrusivos _____ Ige

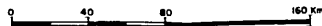
ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lutita _____ lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerada _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquistos _____ E
 Gneis _____ Gn

T I P O S D E M I N E R A L I Z A C I O N

- | | | | |
|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> Cr-Ni-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbón. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polime-
tálicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Coálfn | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía
Geotérmica | | |



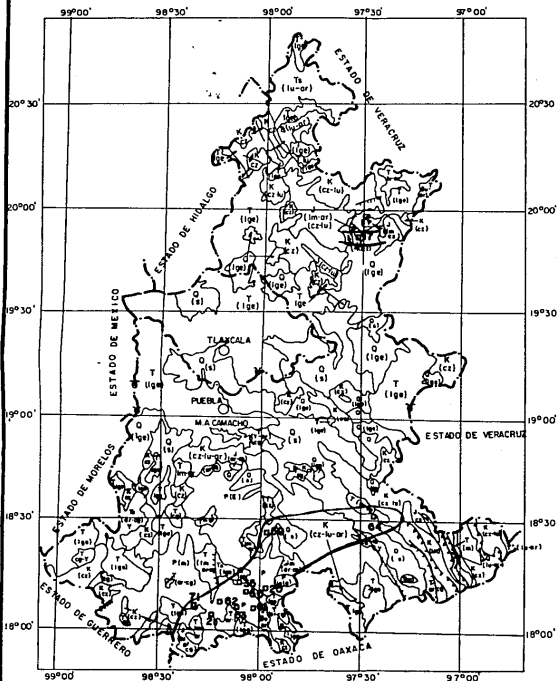
ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. SALMUERAS

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: TALCO



E DADES

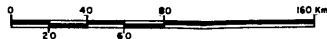
- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SIMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
- Intrusivos _____ Igi
 - Extrusivos _____ Ige
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
- Suelos _____ S
 - Lutita _____ lu
 - Limolita _____ lm
 - Arenisca _____ ar
 - Conglomerado _____ cg
 - Caliza _____ cz
 - Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**
- Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
- Esquisto _____ E
 - Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> GrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbónatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polimetálicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Coálfn | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. TALCO

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RAMIREZ JANTONIO

Fig. IV.11

depósitos de talco, posiblemente se encuentran asociadas a una zona de "sutura cratónica" en la que convergieron dos placas continentales. Dichas placas estuvieron en movimiento, ocasionando fricciones y presiones que metamorfizaron las formaciones contenidas entre ellas. La rocas aquí formadas pertenecen al Complejo Acatlán.

La litología del Complejo Acatlán, consiste de rocas carbonatadas, esquistos de talco, sericita y clorita, y sobreyaciendo a estas se encuentra la Formación Tecomate.

El talco es un mineral de origen secundario formado por alteración de silicatos de Mg tales como olivino, piroxenos y anfíboles y en ocasiones se encuentra como pseudomórfico de estos minerales.

El talco se originó por hidrotermalismo. Para formarse debió existir una roca ultramáfica con alto contenido de olivino y piroxeno. El proceso de hidrotermalismo está comprobado por la presencia de cuarzo y minerales derivados, este material se encuentra en fracturas paralelas a la mineralización de talco, por lo que es un indicador y constituye una guía de exploración.

La roca encajonante está representada por un esquistos de color verde, perteneciente al Complejo Acatlán, el cual está considerado como del Paleozoico Inferior.

Los depósitos de talco que se marcan en la zona de estudio quedan delimitados por 9 localidades representativas donde se encuentra ese mineral. Se localizan en la parte sur del Estado de Puebla y existen 2 localidades que se encuentran aisladas, por lo que se infiere que una de ellas se puede correlacionar con los depósitos ya mencionados, mientras que la otra localidad se encuentra al NE de la zona de estudio y puede estar relacionado tectónicamente con el talco que se encuentra en el Estado de Tamaulipas.

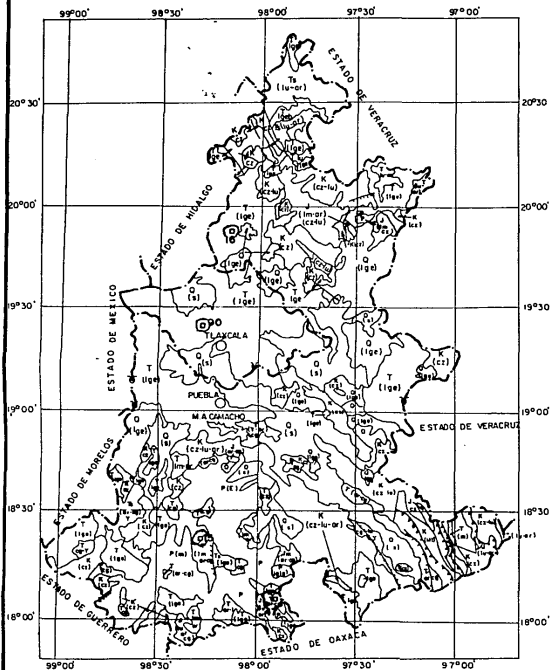
IV.13. DEPOSITOS DE CAOLIN

Los depósitos de caolín se encuentran dispersos en la zona de estudio por lo que no es factible unirlos en una franja, por la lejanía y características de origen. (fig. IV.12).

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, que se origina como resultado de la meteorización y descomposición termal de rocas con un alto contenido de aluminio (feldespatos). Es un mineral que se forma a temperaturas superficiales por meteorización o termo de temperatura baja, por lo que se le considera como un mineral de tipo supergénico. Se halla mezclado con los feldespatos en rocas meteorizadas, en algunas partes forma depósitos enteros donde la meteorización ha sido completa. Se localiza como producto común de la descomposición de las rocas, formando parte de suelos, y cuando es transportado por aguas se deposita, y se encuentra mezclado con cuarzo y otros minerales en forma de capas de arcilla.

Los depósitos que se localizan al centro de la zona de estudio se encuentran sobre rocas de edad terciaria como tobas,

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: CAOLIN



EDADES

PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivos _____ Igi
 Extrusivos _____ Ige

ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lutita _____ Lu
 Limolita _____ Lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquistos _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

<input type="checkbox"/>	Au-Ag	<input type="checkbox"/>	Fe	<input type="checkbox"/>	CrNi-Co	<input type="checkbox"/>	Talco
<input type="checkbox"/>	Carbo- natos.	<input type="checkbox"/>	Yeso	<input type="checkbox"/>	Polime- fálicos.	<input type="checkbox"/>	Sb
<input type="checkbox"/>	Ba	<input type="checkbox"/>	Caolín	<input type="checkbox"/>	Bentonita	<input type="checkbox"/>	Fosfatos
<input type="checkbox"/>	Mn-Fe	<input type="checkbox"/>	Bauxita	<input type="checkbox"/>	Salmueras	<input type="checkbox"/>	Carbón
<input type="checkbox"/>	Silíceos	<input type="checkbox"/>	Energía Geotérmica				

0 20 40 60 80 100 120 140 160 Km

ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. CAOLIN

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
 GONZALEZ RAMIREZ ANGEL JANTONIO

1981 Fig. IV. 12

basaltos de olivino y riolitas del Cinturón Volcánico Transmexicano.

Con respecto a los depósitos que se encuentran al sur, (Fundo La Blanca y el Mirador # 1) estos se encuentran sobre rocas terciarias como tobas riolíticas, cenizas y vidrio volcánico y pertenecen a la Cobertura Cenozoica del Terreno Mixteco. La edad de los depósitos del centro se considera de principios del Cuaternario y Reciente, ya que las rocas son de edad Plio-Pleistocénicas, aunque estas localidades se encuentran en el norte de la zona de estudio y sobre el mismo tipo de roca, no se puede delimitar una franja mineralizada ya que la distancia que los separa es aproximadamente 60 Km. y con esa distancia deberían existir localidades intermedias para poder unirlos y así considerarla como una franja mineralizada.

Los depósitos del sur se considera se originaron a fines del Pleistoceno y Cuaternario, ya que debió pasar un período de tiempo relativamente corto para que pudieran actuar la meteorización y descomposición de las mismas, para dar origen al caolín. Estas localidades tienen características similares ya que se encuentran en rocas de la misma edad y tipo. Estos dos depósitos están separados aproximadamente una distancia de 50 Km.

IV.14. FRANJA DE CARBÓN

Los yacimientos de carbón en la zona de estudio se encuentran en tres zonas bien definidas. Existen otros yacimientos que aparecen dispersos. En su mayoría son de edad Mesozoica y en un área muy restringida se localizan yacimientos de edad Terciaria. (fig. IV.13).

El carbón se generó por aglomeración de materia vegetal acumulada en masas importantes, este material pudo haberse depositado en amplios deltas, planicies costeras o cuencas interiores. La acumulación puede efectuarse en agua dulce, por transporte de desechos vegetales, en zonas lacustres o crecimiento de materia vegetal en ese lugar. Generalmente todos los carbones minerales se originan en pantanos y pasan por la etapa de turba, el cambio progresivo turba-lignito-bitumen-antracita involucra una serie de cambios físico-químicos.

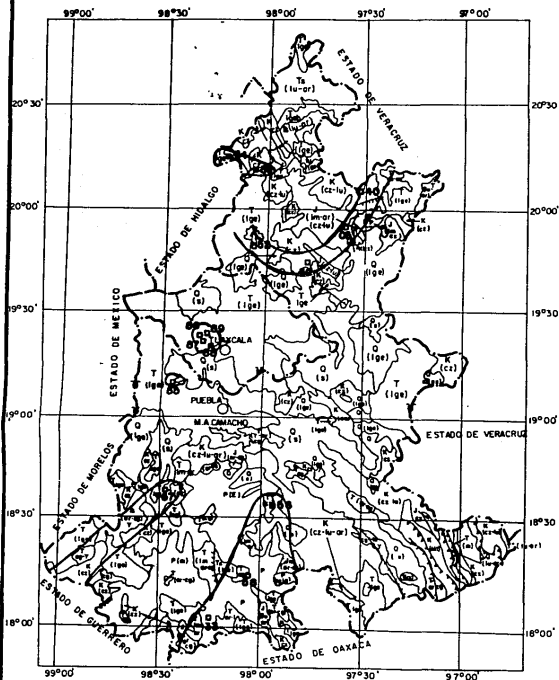
Los carbones que se encuentran en la zona de estudio generalmente son de cuatro tipos, siendo el más abundante el carbón de tipo lignito y bituminoso.

El carbón del Mesozoico se presenta asociado genética y estratigráficamente con formaciones del Jurásico y Cretácico.

Los yacimientos de carbón que se encuentran en la parte sur conforman dos franjas que se localizan en la cobertura mesozoica sobre lo que es el Complejo Acatlán, en las Formaciones del Jurásico Inferior, del Grupo Consuelo y Grupo Tecocoyunca.

El carbón se encuentra en las Formaciones Rosario y Zorrillo, (Cortés Obregón, 1957, las definió como Formación Carbonífera Inferior y Superior), que están constituidas por areniscas, limolitas, lutitas y lodolitas, numerosos restos de plantas

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: CARBON



EDADES

- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SIMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
- Intrusivas _____ lgi
 - Extrusivos _____ lge
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
- Suelos _____ S
 - Lutita _____ lu
 - Limolita _____ lm
 - Arenisca _____ ar
 - Conglomerada _____ cg
 - Caliza _____ cz
 - Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS**
- Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS

- Esquisto _____ E
- Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> CrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talca |
| <input type="checkbox"/> Carbónatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polimetales. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Caolín | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. CARBON

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RAMIREZ JANTONIO

1981 #ig. IV. 13

terrestres así como lutitas carbonosas y mantos de carbón.

El carbón encontrado en el área de Tepexi de Rodríguez y Acatlán es del tipo lignito ya que de acuerdo a un muestreo se obtuvo como promedio de carbón fijo 23.35 %, mientras que en el área de Tecamatlán se tiene carbón bituminoso.

Esta franja se encuentra delimitada, desde Tecamatlán y sube hasta Tepexi de Rodríguez y baja desde ese punto para pasar del lado oriente de Acatlán.

El yacimiento de Izúcar de Matamoros tiene las mismas características de los carbones ya descritos. Se encuentran carbones de tipo turba, lignito y bitumen. A este yacimiento se le definió una franja ya que existen localidades carboníferas en el Estado de Guerrero que tal vez se correlacionan con este yacimiento.

El yacimiento de carbón del área de Huejotzingo tiene las mismas características que el yacimiento de Izúcar de Matamoros solo que se encuentra cubierto por tobos y material cuaternario. El carbón encontrado en esta zona es del tipo lignito.

Los yacimientos descritos anteriormente son de tamaño pequeño.

En lo que respecta a los yacimientos de carbón localizados en el Norte de la zona de estudio, se tiene una zona claramente delimitada. El carbón de esta zona empieza a aparecer como vestigio en la Formación Pimienta hasta la Formación Agua Nueva, formaciones que van del Cretácico Inferior al Cretácico Medio y están constituidas por rocas sedimentarias como lutitas de color gris claro, intercaladas con areniscas, calizas color gris oscuro con bandas de pedernal negro. Los yacimientos conocidos son de tamaño pequeño; los más importantes son los de Mazatepec, Zacapoaxtla, Zautla, Chignahuapán, Huauchinango y Honey.

El carbón del área de Mazatepec, son dos cuerpos que se presentan en forma de mantos. El primero de acuerdo a los análisis obtenidos tiene un contenido de carbón fijo muy bajo, el segundo manto dió resultados en los cuales el carbón se clasifica como antracítico y en otras zonas cercanas se tiene carbón lignítico.

El carbón del área de Zacapoaxtla se localiza en pizarras arcillosas que en parte pasan a areniscas y en otras son margas y areniscas. En esta litología es donde se encuentran los mantos de carbón y presentan un espesor de 50-300 cm. pero en algunas partes llega a medir 20 m. El tipo de carbón que se localiza en esta área es bituminoso. Otra forma de presentarse es en vetillas de pocos centímetros intercalados en pizarras endurecidas por cal o por sílice.

El carbón del área de Zautla se localiza en lutitas carbonosas y se observa en mantos u horizontes que tienen un espesor que varía de 90-150 cm. El carbón que se encuentra en esta área es del tipo bituminoso.

El carbón del área de Chignahuapán es del tipo antracítico.

Dentro de los carbones de edad mesozoica falta mencionar los de Huachinango y Honey, que son de las mismas características que los anteriores, solo que se encuentran alejados de estos, por lo que no se pueden englobar en una sola franja.

Las rocas que contienen este carbón están consideradas desde la Formación Pimienta hasta la Formación Agua Nueva y el origen del carbón esta asociado con el origen de la roca.

El carbón del área de Huauchinango es de dos tipos lignito y bituminoso, mientras que en Honey el tipo de carbón que predomina es el lignito. Estos yacimientos se localizan en el NW de la zona de estudio y son de tamaño pequeño.

Con respecto a los yacimientos de carbón que se localizan en el Estado de Tlaxcala, son diferentes a los antes descritos tanto en origen y edad. Se conocen cuatro localidades con carbón como San Mateo Huexoyucan, San Francisco Temezontla, Panotla y San Tadeo Huiloapan, estos se encuentran en el centro del estado.

Según los datos disponibles este tipo de carbón se originó en depósitos lacustres Terciarios, debidos al cierre y formación de pequeñas cuencas por los eventos del Cinturón Volcánico Transmexicano.

El carbón encontrado en esta zona es del tipo turba y lignito, y según las muestras que se analizaron son de mala calidad, ya que del contenido total, el 72 % es de limo y arcilla y el 10 % de carbón.

IV.15. DEPOSITOS DE CARBONATOS

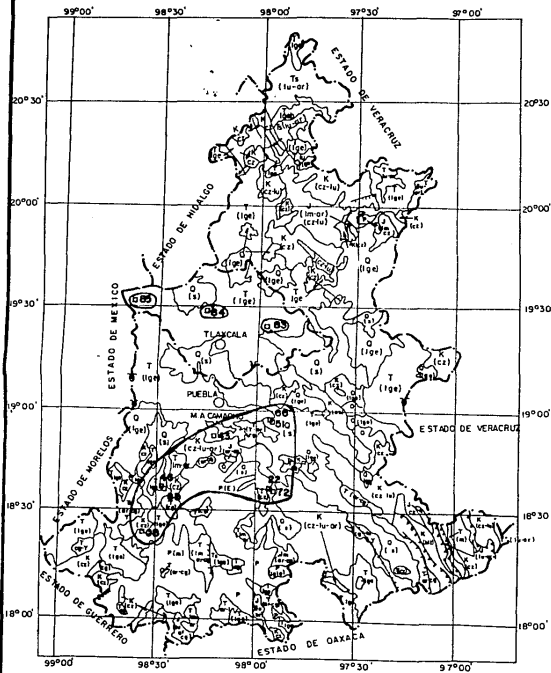
Los depósitos de carbonatos están definidos muy claramente en un sólo paquete en el Estado de Puebla, mientras que en el Estado de Tlaxcala se detectaron tres localidades más que se encuentran dispersas y aparentemente son ventanas erosionales de formaciones carbonatadas mesozoicas dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano. (fig IV.14).

La composición de la franja carbonatada consiste de calizas y mármol. Las calizas que se encuentran son de varios tipos tomando en cuenta la presencia de pequeñas cantidades de otros minerales. Si la impureza es arcillosa en abundancia se le denomina caliza arcillosa; cuando la dolomita es el componente principal se le denomina dolomia; la variedad travertino es material calcáreo depositado que dejan las aguas subterráneas cuando llega a la superficie; la caliza oolítica está formada por concreciones esféricas pequeñas que semejan huevos de peces; la creta es una caliza porosa de grano fino formada en su mayoría por capas de foraminíferos; la coquina esta formada por conchas y fragmentos de conchas parcialmente cementadas; la caliza de grano extremadamente fino también conocida como caliza litográfica.

Los sedimentos que dieron origen a las calizas mencionadas se empezaron a depositar en el mesozoico a través de regresiones y transgresiones, como producto de uno o varios modos de depositación ya sea mecánico, químico, orgánico.

La edad de las calizas que están consideradas dentro del paquete de depósitos de carbonatos va del inicio del Cretácico hasta el Terciario Inferior. Las localidades más características se encuentran en el sur-centro de la zona de estudio, en los municipios de Izúcar de Matamoros, Tepeaca, Puebla, Tepexi de

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: CARBONATOS



EDADES

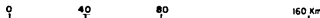
- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
 Intrusivas _____ Igi
 Extrusivas _____ Ige
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
 Suelos _____ S
 Lutita _____ Lu
 Limalita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS**
 Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
 Esquisto _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> CrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbonatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polime-
tálícos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Cadifn | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Síliceos | <input type="checkbox"/> Energía
Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

YAC. CARBONATOS

GAYTÁN RAMÍREZ EDUARDO 1991
 GONZÁLEZ RANGEL JANTONIO 1991 **Fig. 1 V. 14**

Rodríguez, además se mencionan otras dos localidades que se encuentran muy aisladas por lo que no se le asocia dentro de la franja carbonatada. Estas calizas pertenecen a las formaciones que componen la columna estratigráfica del Mesozoico y parte del Cenozoico. Los depósitos mencionados son de tamaño mediano.

En lo que respecta al mármol se originó a través de un metamorfismo de contacto o regional de las calizas. Esta compuesto principalmente de carbonatos, con silicatos que aparecen como accesorios, secundarios en cantidades variables. La naturaleza de los accesorios depende en grado considerable en las variaciones calcáreas y de la presencia o ausencia de sustancias volátiles como PD, Cl, F, B y S. Las contribuciones de las fuentes magmáticas son indicadas por una abundancia de minerales de Fe (magnetita, hematita, andradita) y ocurrencia de minerales con boro, fosfato, cloro y fluor (axinita, apatito, turmalina).

Los mármoles que se encuentran en la localidad de Chisutla, Pue. son de color blanco a gris claro y tiene una textura de grano fino. Su origen se atribuye a metamorfismo de contacto debido a las intrusiones de rocas ígneas e hipabisales de composición félsica a intermedia, las cuales emplazaron en forma de apófisis y de diques sobre calizas. La temperatura y presión son medianas, la forma en que se presentan estos cuerpos son irregulares y en bloques debido a que se encuentran delimitados por apófisis y diques, así como por la aureola de metamorfismo.

La edad que se les asigna a estos mármoles está entre el Oligo-Mioceno, ya que las intrusiones granodioríticas son de dicha edad y además están cubiertos por unidades del Plioceno.

La otra localidad con mármol es la de Calpulalpan, Tlax. y está constituida por un mármol de grano grueso por lo que se describe como megacristales de calcita y aragonita, el material se encuentra en algunas partes deleznable, por lo que no es fácil lograr cortes de bloques compactos.

Los depósitos de mármol se localizan en la parte sur de la zona de estudio. Los depósitos mencionados son de tamaño mediano.

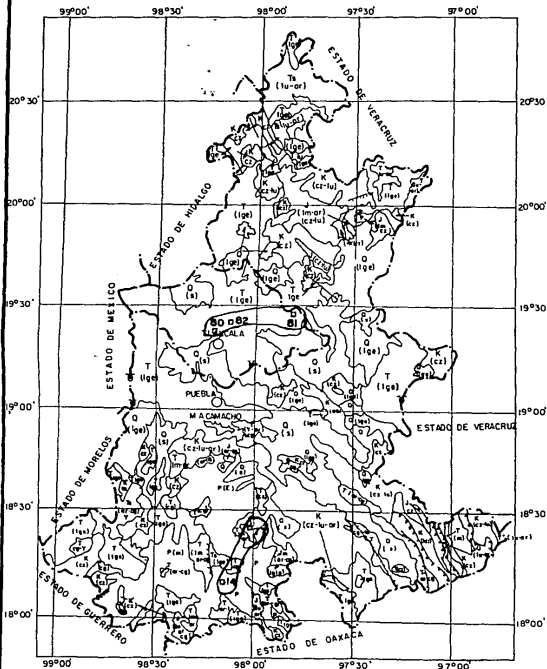
IV.16. DEPOSITOS DE BENTONITA

Los depósitos de bentonita se localizan en dos áreas principalmente, una se encuentra en el centro de la zona de estudio, en el Estado de Tlaxcala y la otra en el sur en el Estado de Puebla. (fig. IV.15).

La bentonita es un mineral que está considerado dentro del grupo de las micas vermiculíticas, que tienen como característica, que al ir perdiendo álcalis, van ganando agua. Además tienen la propiedad de hojaldarse y en estos espacios estratificados se adsorben cantidades muy variables de H₂O y de otros cuerpos. Todas las propiedades varían con la proporción de agua, por lo que la bentonita tiene la propiedad poco común de aumentar de volumen cuando es sumergida en agua.

La bentonita es un material de grano fino terroso que se hincha y se vuelve un poco maleable al ser mezclado con agua. Esta

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: BENTONITA



EDADES

PE	Precámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS	
Intrusivos	lgi
Extrusivos	lge
ROCAS SEDIMENTARIAS	
Suelos	S
Lutita	lu
Limolita	lm
Arenisca	ar
Conglomerado	cg
Caliza	cz
Yeso	y
ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS	
Arenisca y Toba	ar-t.
ROCAS METAMORFICAS	
Esquistos	E
Gneis	Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

Au-Ag	Fe	CrNi-Co	Talca
Carbonatos.	Yeso	Polimetálicos.	Sb
Ba	Coálfn	Bentonita	Fosfatos
Mn-Fe	Bauxita	Salmueras	Carbón
Siíceos	Energía Geotérmica		



ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. BENTONITA

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RANGEL JANTONIO 1999 Fig. IV.15

constituida por diferentes minerales en proporciones variables. Este mineral se originó por la meteorización de cenizas volcánicas alteradas.

Es un mineral de origen supergénico que se produce por la alteración de silicatos de aluminio particularmente de feldspatos. En algunas partes donde la meteorización ha sido completa llega a formar grandes yacimientos. Es muy común encontrarla en rocas alteradas y en suelos, y cuando es transportado por agua se deposita mezclada con cuarzo y otros minerales en forma de capas de arcilla.

Los depósitos que se localizan en el centro de la zona de estudio son Tizatlán, San Gabriel y Apizaco, y se encuentran sobre cenizas volcánicas que componen el Cinturón Volcánico Transmexicano. La bentonita se originó por meteorización de estas cenizas. La edad de los depósitos es del Pleistoceno Superior ya que las cenizas volcánicas se depositaron en el Plio-Pleistoceno y la meteorización empezó a efectuarse después del depósito de éstas, es decir al final del Pleistoceno.

Los depósitos presentan una orientación que bien puede decirse que es E-W. Por su volumen estos yacimientos se consideran dentro de los pequeños.

En el Sur de la zona de estudio se encuentran otros dos depósitos, en Santa Inés Ahuatempan y La Palmolive en Acatlán. Estos depósitos se localizan sobre rocas sedimentarias de edad terciaria como son areniscas ricas en feldespato (arcosas), roca que ha sido afectada por alteración hidrotermal, por lo que el feldespato sufrió alteración y se ha transformado en bentonita. Estas rocas están consideradas en la Formación Tehuacán que es de edad Eoceno-Oligoceno Inferior.

Los depósitos tienen orientación casi N-S y están inclinados un poco hacia el E. El tamaño de estos está considerado dentro de los pequeños.

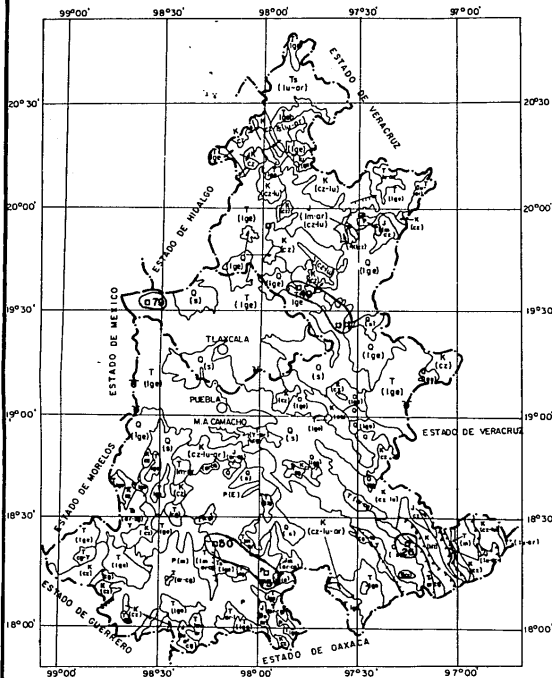
Además existen algunas formaciones Mesozoicas y Cenozoicas que tienen intercalaciones de bentonita como la Formación Pimienta la cual en uno de sus miembros está constituida por capas de caliza arcillosa muy alterada, capas de lutita, pedernal y bentonita; esta formación es de edad Jurásico Superior. Dentro del Cenozoico se tiene la Formación Velasco que está caracterizada por margas y calcilutitas con capas delgadas de bentonita; esta formación es del Paleoceno-Eoceno Inferior. Y por último la Formación Aragón que está constituida por lutitas, bentonita y arena fina, todas ellas del Eoceno Inferior.

IV.17. DEPOSITOS SILICEOS

Los depósitos silíceos se localizan en dos zonas bien definidas, una al norte y otra al sur; se conocen además otros dos depósitos independientes sin que se pueda representar un lineamiento entre ellos. (fig. IV.16).

El cuarzo aparece como constituyente importante de rocas ácidas (granitos, riolitas y pegmatitas), es extremadamente

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: SILICEOS



EDADES

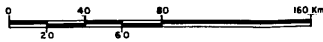
- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
 Intrusivos _____ lgi
 Extrusivos _____ lge
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
 Suelos _____ S
 Lutita _____ lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Caliza _____ cz
 Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**
 Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
 Esquisto _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> CrNi-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbonatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polime-tálícos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Coálín | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. SILICEOS

GAYTAN RAMÍREZ EDUARDO
 GONZÁLEZ RÍNGEL JANTONIO 1981 Fig. IV. 16

resistente a los ataques tanto mecánicos como químicos, y por meteorización de rocas ígneas que lo contienen se desprenden granos que pueden acumularse y forman las areniscas sedimentarias. También en rocas metamórficas como el gneis y esquistos y en las cuarcitas forma prácticamente el único mineral. Depositado como solución es la ganga más corriente en los filones. Las soluciones que contienen sílice pueden llegar a reemplazar capas de caliza con cuarzo criptocristalino granudo, conocido como pedernal, o estas capas llegan a formarse al mismo tiempo que la caliza. El cuarzo se encuentra en grandes cantidades como arena en lechos de los ríos, en playas y como constituyente de suelos. Las variedades que se localizan en el área de estudio son arena sílicea, calcedonia y cuarzo beta.

Los depósitos que se localizan al Sur de la zona de estudio, se encuentran sobre lo que es la Cobertura del Complejo Acatlán. La zona que está bien delimitada son los depósitos de Tehuiztlingo y Xayacatlán, que están constituidos por calcedonia que es una variedad criptocristalina fibrosa de cuarzo, este mineral fue depositado por soluciones acuosas y comúnmente se encuentra rellenando cavidades. La calcedonia se localiza en rocas de edad Eoceno-Oligoceno Inferior que corresponde a la Formación Tehuacán. La orientación de estos depósitos es de NW-SEE, el tamaño de los mismos es pequeño.

El depósito de la Peñasquera localizado en la parte SE de la zona de estudio, está relativamente aislado de los depósitos antes descritos. Ubicado dentro del Municipio de Ajalpan, Puebla, contiene cuarzo beta, que es un mineral que ha sufrido transformaciones reversibles, en el volumen, dureza y propiedades ópticas.

Los depósitos que se localizan en la parte centro-occidental de la zona de estudio aunque son minerales de la misma edad tienen diferente origen.

El depósito de Ixtacamaxtitlán está compuesto por calcedonia y las rocas en las que se encuentra son tobas volcánicas, calizas y pizarras, afectadas por intrusiones de cuerpos ígneos de diorita y granodiorita. La edad de estas rocas es del Plió-Pleistoceno.

Los depósitos de Oriental están compuestos por arena cuarcifera, perlita, cuarzo masivo y pómez. Estos materiales se encuentran en la cuenca endorreica de Oriental, limitada por el Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Sierra de Tlaxco, Volcán de La Malinche y Sierra Pinal, el material que abunda en la región son rocas volcánicas de tipo efusivo, formado por andesitas y piroclastos.

Los depósitos de Oriental e Ixtacamaxtitlán se consideran como pequeños, pero el de Oriental puede ser un depósito de gran importancia, por lo que se considera como una franja de interés económico.

Por último el depósito de Calpulalpan (Tlaxcala) está compuesto por arena sílicea, pómez y pumicita. En lo que respecta a estos dos últimos se les considerara convencionalmente como rocas síliceas, por el alto contenido de sílice en su composición química. Estos materiales se encuentran en lavas síliceas con

aspecto de espumas, son de edad Terciario Superior y se encuentra aislado de los depósitos de la zona centro, además se menciona que es un depósito de tamaño pequeño.

IV.18. DEPOSITOS DE YESO

Los depósitos de yeso se localizan en la parte SW de la zona de estudio y aunque son pocas las localidades que presentan este mineral, se logra delinear claramente los depósitos, tomando en cuenta los datos geológico-mineros de la región. (fig. IV.17).

Los depósitos de yeso que se encuentran en la zona de estudio son de dos edades la más antigua es del Cretácico mientras que la otra, más reciente es del terciario. La primera está representada por la localidad de Acatlán, que se origino dentro de los sedimentos Cretácicos, debido a que en el Cretácico Inferior, el Mar Mexicano aumentó en extensión invadiendo partes considerables de las tierras del suroeste, al parecer la transgresión no fué continua pues la presencia de capas de yeso en localidades Cretácicas, nos indica una corta fase regresiva o estacionaria de la línea costera.

Los depósitos de yeso están asociados a formaciones lacustres como limolitas y areniscas; clásticos continentales que comprenden conglomerados calcáreos, areniscas tobáceas y arcillas; así como lutitas, limolitas, areniscas, calizas lacustres con pedernal y capas de evaporitas intercalados entre las tobas.

La otra unidad de evaporitas, que tiene edad terciaria, está constituida de yesos intercalados con estratos arcillosos horizontales, además incluye limos, conglomerados, calizas, margas y pedernal.

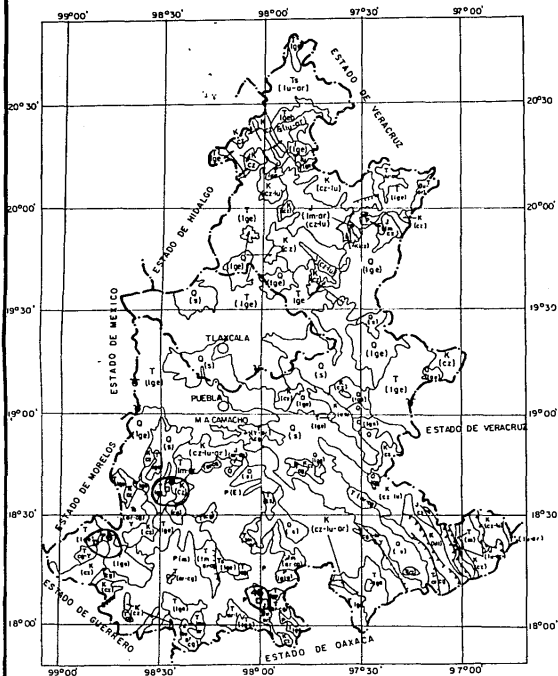
Estos depósitos se originaron debido a que en el terciario las aguas marinas se retiraron como consecuencia del inicio de la Orogenia Laramide, dando lugar al depósito de sedimentos continentales, sobre todo en las partes bajas de los sinclinales o en las zonas afalladas donde se depositaron rocas del Grupo Balsas (Eoceno-Oligoceno), interrumpiéndose esta por la aparición del Cinturón Volcánico Transmexicano, y como resultado de este aparecen andesitas, basaltos y riolitas, formandose así pequeños lagos y llanuras aluviales donde se depósito el material mencionado.

Las evaporitas pertenecen a la Formación Cuayuca que sobreyace discordantemente al Grupo Balsas y se le asigna edad del Terciario Superior. Las localidades donde se encuentran los yesos esta representado por Teotlalco e Izúcar de Matamoros. La orientación que presenta este último depósito es NW-SE.

IV.19. FOSFATOS

En la zona de estudio se tiene reportado un depósito de fosfato, que se localiza en la parte SW del Estado de Puebla, en la localidad de Izúcar de Matamoros. (fig. IV.18).

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: YESO



EDADES

- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS
 Intrusivos _____ Igi
 Extrusivos _____ Ige

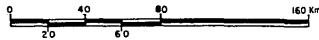
ROCAS SEDIMENTARIAS
 Suelos _____ S
 Lufita _____ Lu
 Limolita _____ lm
 Arenisca _____ ar
 Conglomerado _____ cg
 Calizo _____ cz
 Yeso _____ y

ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS
 Arenisca y Toba _____ ar-t.

ROCAS METAMORFICAS
 Esquistos _____ E
 Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> Cr-Ni-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbónatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polimetálicos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Caolín | <input type="checkbox"/> Bertonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |



ESC. APROX. 1 : 1,600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

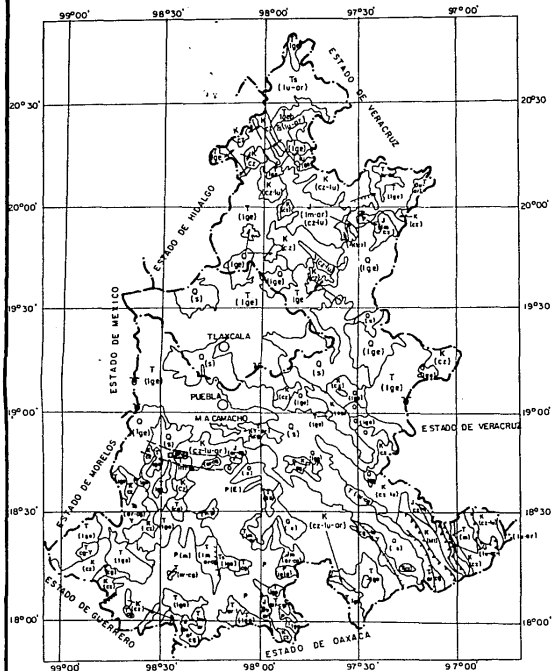
TESIS PROFESIONAL

YAC. YESO

GAYTAN RAMÍREZ EDUARDO
 GONZÁLEZ ÁNGEL JANTONIO

1991 Fig. IV. 17

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS: FOSFATOS



EDADES

- PE** Precámbrico
- P** Paleozoico
- J** Jurásico
- K** Cretácico
- T** Terciario
- Q** Cuaternario

SÍMBOLOS

- ROCAS IGNEAS**
- Intrusivos _____ Igi
 - Extrusivos _____ Ige
- ROCAS SEDIMENTARIAS**
- Suelos _____ S
 - Lutita _____ lu
 - Limolita _____ lm
 - Arenisca _____ ar
 - Conglomerado _____ cg
 - Caliza _____ cz
 - Yeso _____ y
- ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS**
- Arenisca y Toba _____ ar-t.
- ROCAS METAMORFICAS**
- Esquisto _____ E
 - Gneis _____ Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Au-Ag | <input type="checkbox"/> Fe | <input type="checkbox"/> Cr-Ni-Co | <input type="checkbox"/> Talco |
| <input type="checkbox"/> Carbonatos. | <input type="checkbox"/> Yeso | <input type="checkbox"/> Polimetalícos. | <input type="checkbox"/> Sb |
| <input type="checkbox"/> Ba | <input type="checkbox"/> Cadmín | <input type="checkbox"/> Bentonita | <input type="checkbox"/> Fosfatos |
| <input type="checkbox"/> Mn-Fe | <input type="checkbox"/> Bauxita | <input type="checkbox"/> Salmueras | <input type="checkbox"/> Carbón |
| <input type="checkbox"/> Silíceos | <input type="checkbox"/> Energía Geotérmica | | |

0 20 40 60 80 160 Km.

ESC. APROX. 1 : 1,600,000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

YAC. FOSFATOS

GAYTAN RAMIREZ EDUARDO
GONZALEZ RANGEL JANTONIO

1991 Fig. IV.18

El fosfato se encuentra comunmente en el apatito y este es constituyente accesorio de rocas igneas, sedimentarias y metamórficas. Se halla tambien en pegmatitas y filones probablemente de origen hidrotermal.

Con respecto a este depósito no se tiene información en cuanto a su edad, tamaño y estructura.

IV.20. ENERGIA GEOTERMICA

El estudio de los yacimientos geotérmicos tiene en la actualidad amplia utilidad para comprender los fenómenos hidrotermales antiguos. Es decir un yacimiento mineral hidrotermal es un campo geotérmico fósil. De lo anterior surge la necesidad de que los yacimientos geotérmicos se incluyan como integrantes de los fenómenos metalogénicos. Ya que la actividad hidrotermal y si la naturaleza del basamento lo permite, se removilizan elementos de él, los que se depositarán en estructuras favorables, especialmente fallas y cavidades, de ahí la importancia de incluir la energía geotérmica en el presente trabajo.

La distribución de las manifestaciones geotérmicas en México se presentan en 3 agrupamientos principalmente, que corresponden a la Región Pacífico Sur, Noroeste de México y Cinturón Volcánico Transmexicano, este último es el que se describira en este trabajo. (Torres Rodríguez, 1989).

El Cinturón Volcánico Transmexicano cuenta con el 79 % de 1356 manifestaciones reportadas en la República Mexicana, por lo que es la región con el mayor número de localidades termales registradas.

El Cinturón Volcánico Transmexicano se divide en 3 subregiones de acuerdo a la distribución de focos geotermales y quedan agrupados de la siguiente manera:

Agrupamiento Sur: manifestaciones en el Estado de Michoacán, constituido por las anomalías cercanas a los lagos de Yuriria, Cuitzeo y Pátzcuaro, alojadas todas en depresiones tectónicas.

Agrupamiento Central: alojada a lo largo del Cinturón Volcánico Transmexicano y constituida por las manifestaciones en los Estados de Nayarit, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Veracruz. En este agrupamiento los focos termales que se encuentran al W se asocian a las depresiones tectónicas del occidente del Cinturón Volcánico Transmexicano. Hacia el centro y este del Cinturón Volcánico Transmexicano las anomalías termales se asocian a fracturamientos N-S y E-W y se les encuentra indistintamente en diferentes estructuras volcánicas, incluyendo calderas, volcánes monogenéticos y estratovolcánes.

Agrupamiento Noroccidente: las anomalías geotermales alojadas en rocas de la Sierra Madre Occidental, se caracterizan por presentar alineamientos en dirección E-W.

La zona de estudio se localiza dentro del Agrupamiento Central, por lo que solamente se tratara esta zona.

Se tienen reportadas 18 anomalías geotérmicas de las cuales 17 pertenecen al Estado de Puebla y 1 al Estado de Tlaxcala. (fig. IV.19).

La composición química de las aguas termales tiene una tendencia hacia la alcalinidad y salinidades intermedias. Los componentes químicos más comunes son los Sódico Bicarbonatados, Sódico Sulfatados, Cálculo Sulfatados, Sódico Clorurados y se tienen cinco no determinados.

Dentro de las manifestaciones termales más importantes encontradas en la zona de estudio se tienen los manantiales.

Con respecto a la fuente calorífica que genera estos sistemas es difícil precisar a qué tipo de etapa del proceso volcánico corresponden tales anomalías. Es una incógnita por resolver ya que los estudios hasta el momento no han profundizado en el establecimiento de ciclos volcánicos. Inclusive algunos campos en preparación para su producción aún no tienen suficientemente definido el modelo volcánico. Puede entonces pensarse que las anomalías reconocidas en la zona de estudio tiene como fuente calorífica estructuras volcánicas y subvolcánicas (calderas), que representa actividad ígnea reciente asociada a vulcanismo y sus productos de enfriamiento.

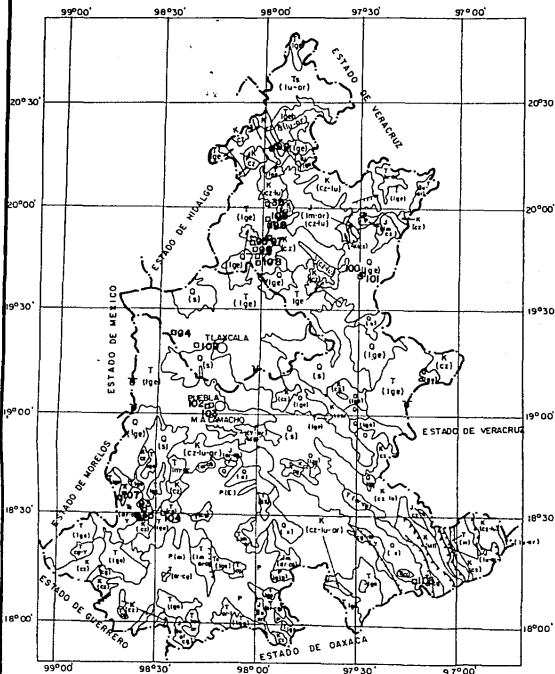
Las temperaturas superficiales de las aguas termales de la zona de estudio tienen un valor promedio de 40°C. Del muestreo que se realizó en las manifestaciones geotérmicas, la distribución de los datos presenta un sesgo hacia los valores bajos encontrándose que 83.4% cae en un intervalo de temperatura entre 30°C y 50°C. El 16.6% restante tiene valores entre el 50°C y 100°C. Según los porcentajes obtenidos, los datos de las temperaturas superficiales bajas, es alto y debe entenderse que este valor se registra después de que el fluido a atravesado toda la columna litológica y que durante su trayecto se presentan pérdidas importantes de calor. (Torres op. cit)

En lo que respecta al sistema geotérmico, de las 18 manifestaciones termales que se tienen en la zona de estudio el 72.2% corresponde a manantiales tibios. El 16.6% son manantiales calientes y el 11.2% de las manifestaciones restantes se presenta como sistemas geotermales geopresurizados y de vapor dominante.

En lo que respecta a la edad que se maneja en las manifestaciones geotérmicas, la edad de la roca en la que se encuentra es la que se menciona. Por lo que de las 18 manifestaciones reportadas se tiene que el 22.3% se encuentra en rocas cuaternarias, el 27.7% se encuentra sobre rocas formadas en el Terciario Superior, el 5.6% esta en rocas intrusivas del Terciario Inferior y el 16.6% se encuentra en rocas de edades más antiguas predominando las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior. El 27.7% restante, corresponde a rocas de edades desconocidas.

La distribución geográfica de las localidades geotermales de Puebla y Tlaxcala nos indican una serie de agrupamientos que coinciden con algunos elementos tectónicos conocidos. En algunas regiones la densidad de datos y el arreglo de estos no coinciden con estructuras detectadas con anterioridad lo que nos sugiere la

DISTRIBUCION DE ZONAS MINERALIZADAS:



EDADES

PE	Pre cámbrico
P	Paleozoico
J	Jurásico
K	Cretácico
T	Terciario
Q	Cuaternario

SÍMBOLOS

ROCAS IGNEAS	
Intrusivos	Igi
Extrusivos	Ige
ROCAS SEDIMENTARIAS	
Suelos	S
Lutita	lu
Limolita	lm
Arenisca	ar
Conglomerado	cg
Caliza	cz
Yeso	y
ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS	
Arenisca y Toba	ar-t.
ROCAS METAMORFICAS	
Esquisto	E
Gneis	Gn

TIPOS DE MINERALIZACION

	Au-Ag		Fe		CrNi-Co		Talco
	Carbónatos		Yeso		Polimetálicos		Sb
	Ba		Coálín		Bentonita		Fosfatos
	Mn-Fe		Bauxita		Salmueras		Carbón
	Silíceos		Energía Geotérmica				

0 20 40 60 80 160 Km.

ESC. APROX. 1 : 1, 600 000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

ENERGIA GEOTERMICA

GAYTAN RAMÍREZ EDUARDO 1991
GONZÁLEZ RANGEL JANTONIO Fig. 1.V. 19

presencia de elementos tectónicos cuya existencia deberá probarse. La posibilidad de detectar elementos tectónicos recientes a través de información geotérmica es congruente con la naturaleza de los procesos geodinámicos que producen a aquella. Debe recordarse que en los límites entre una provincia geológica y otra es donde se producen las mayores transferencias de masa y energía. Una de las evidencias de la presencia de un límite tectónico es la aparición de gradientes importantes en las propiedades físicas y químicas de sus constituyentes.

En consecuencia variaciones en el valor de propiedades como flujo de calor, sismicidad y composición química de fluidos termales, entre otras, son fieles reflejos de cambios contrastantes en la composición global del terreno.

La zona de estudio abarca la región oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano en la fig. IV.19 puede observarse que el número de anomalías termales disminuye abruptamente en la región entre los poblados de Jalapa y Actopan (Veracruz), coincidiendo con el límite oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. Dicha propuesta fue argumentada con base en estudios estructurales y en la interpretación de cerca de 200 análisis de roca total en los que se detectaron cambios drásticos en la composición de los magmas así como fenómenos de hibridación magmática (Torres Rodríguez, 1980, 1989). En consecuencia, tal como lo propusieron originalmente Demant y Robin (1975) el Cinturón Volcánico Transmexicano no llega a las costas de Veracruz sino que el vulcanismo encontrado en esta zona con tendencias alcalinas y toleíticas, se asocia a la Provincia Alcalina Oriental. (Torres R. op. cit.)

CAPITULO CINCO

V. PROCESOS METALOGENICOS

V.1. GENERALIDADES

Los depósitos minerales tienen edades diferentes y muestran una estrecha relación con la historia de la evolución tectónica de la provincia en la que están emplazados; se requiere de un análisis global y la reconstrucción de los hechos geológicos que se conjuntan favorablemente para la mineralización.

La secuencia general para analizar los procesos metalogénicos de las tendencias de distribución geográfica y cronológica de la zona de estudio, se basará principalmente; atendiendo el marco tectónico, tipo de yacimiento generado, época metalogénica y la asociación mineralógica.

V.2. PROCESOS METALOGENETICOS

Como se mencionó en el capítulo dos (geología), la extensión y afloramiento de las rocas precámbricas del Complejo Oaxaqueño es muy reducida en el área de estudio, y en las pequeñas áreas aflorantes del complejo no se han reportado yacimientos minerales, ya que no existieron las condiciones físico-químicas apropiadas para la generación de estos.

El Complejo Oaxaqueño es producto del desarrollo del Geosinclinal Oaxaqueño, que se originó por una serie de procesos tectónicos que se desarrollaron y estos consolidaron las rocas de la región; a este evento se le conoce como Orogenia Oaxaqueña y posteriormente se le asigna el nombre de Faja Estructural Oaxaqueña, región que se puede considerar como un cratón. De acuerdo a las condiciones ya descritas en las que se originó el Complejo Oaxaqueño, en el área de estudio éste no manifiesta mineralización por que no existieron elementos susceptibles de ser removilizados y depositados por efectos de nuevos procesos tectónicos y magmáticos. Basta recordar que dicho complejo está compuesto principalmente por un cuerpo anortositico basal y rocas metamórficas en facies que varían de granulita a transición granulita-anfibolita, incluidos en la secuencia charnockitas, ortogneis y pegmatitas.

Por otra parte dentro del Complejo Acatlán se conocen yacimientos minerales de oro y plata en Teziutlán; cromo, níquel y cobalto en Tehuiztzingo; polimetálicos en Cerro de Dolores, Caltepec, San Miguel de las Minas, Ahuatlán y la Suerte; de manganeso y hierro en Acatlán y talco en el sur de la zona de estudio.

La mayoría de estos yacimientos se desarrollaron en rocas del Subgrupo Petlalcingo y Subgrupo Acateco que están constituidas por migmatitas, esquistos de biotita, pelíticos, talco, metapedernal,

eclogitas, serpentinas, metaareniscas, pelitas y rocas graníticas entre otras más.

Si bien dichos yacimientos a excepción de dos, Teziutlán y Tehuitzingo, no son de edad Paleozoica, las rocas de esta edad actúan como sustrato de los yacimientos mencionados.

Los yacimientos de Teziutlán y Tehuitzingo son los únicos que se consideran de edad Paleozoica. El primero se origina en un ambiente de arco de islas y mar marginal, en donde se lleva a cabo actividad volcánica félsica contemporánea con los procesos sedimentarios que dieron lugar a los cuerpos masivos y a las rocas que los contienen. Este yacimiento se considera volcanogénico, singenético a la secuencia vulcanosedimentaria. El segundo está asociado a los cuerpos básicos y ultrabásicos que presentan pods y lentes de Cr, Ni y Co, es evidente que la ocurrencia de estos significa un solo evento de emplazamiento con posible sobreposición de sedimentos de fondo oceánico por consiguiente la secuencia litológica de estos cuerpos corresponde a una serie o complejo ofiolítico (carácter que no es demostrable por la compleja historia geológica de esta formación), originalmente formado por peridotita, gabro-dolerita, basalto y sedimentos pelágicos asociados, por lo que se considera el emplazamiento de estos cuerpos como del Paleozoico Superior.

El Complejo Acatlán tuvo su época de desarrollo en el Cámbrico-Devónico. En el Pérmico-Triásico estos terrenos parecen haber estado totalmente emergidos a consecuencia de un levantamiento orogénico por lo que las partes positivas formadas por las rocas precámbricas y paleozoicas eran erosionadas y sus fragmentos se depositaban en ambiente continental dentro de la secuencia estratigráfica mesozoica.

Como ya se dijo, en el Complejo Acatlán se encuentran una variedad de mineralizaciones de oro, plata, plomo, zinc, cobre, manganeso, fierro y talco entre otros más, por lo que es evidente que si existieron condiciones geológicas para la generación de estos. Dadas las características estructurales y depositacionales de los yacimientos conocidos en esta unidad, se puede afirmar que no existen mineralizaciones singenéticas. La mayoría de los yacimientos conocidos forman vetas, mantos, lentes y cuerpos irregulares que cortan a rocas del Complejo Acatlán. Por consiguiente se puede decir que no existe mineralización de edad Paleozoica en el Complejo Acatlán, pero si estaban incluidos en dicho complejo una serie de elementos que posteriormente forman yacimientos minerales.

Con respecto al metamorfismo regional que se llevó a cabo en esta región durante el mesozoico, sobre las rocas depositadas en el paleozoico, se considera que es el resultado de efectos combinados de temperatura, presión, esfuerzo cortante sobre una extensa área y fluidos magmáticos. Estas condiciones físico-químicas aunque si contienen yacimientos minerales, no han favorecido la reconcentración mineral. Esto enfatiza la naturaleza cerrada, en cuanto a composición, del metamorfismo regional de esta zona.

La composición de las rocas metamórficas del Complejo Acatlán

tiene dos tendencias principalmente, que bien puede mencionarse una es calcárea y la otra es ultrabásica. En la tendencia carbonatada originalmente estuvo compuesta por calizas y dolomitas y al efectuarse el metamorfismo se originaron mármoles, esquistos calcáreos y gneis con silicato calcico. En la tendencia ultrabásica se tuvo originalmente a rocas como basaltos, peridotitas, piroxenitas que posteriormente con efectos de metamorfismo se originaron los esquistos de talco, gneis de hornblenda y anfibolita, y cloritoesquistos.

De acuerdo a las características descritas se menciona que la fuente de elementos metálicos no es magmática primordialmente, sino que esta controlada por la naturaleza del basamento sobre el cual se emplaza el magmatismo.

El origen del Complejo Acatlán está relacionado con episodios de sedimentación, magmatismo y tectonismo, vinculados a la apertura, expansión y cierre de una cuenca oceánica, y a la convergencia orogénica de sus márgenes, eventos ocurridos desde el Cámbrico hasta el Devónico. Posteriormente, a niveles del Terciario Inferior existieron condiciones de hidrotermalismo adecuadas, las cuales concentraron los elementos que posteriormente forman los yacimientos minerales. De acuerdo a las condiciones descritas, hay elementos antiguos susceptibles de ser removilizados y depositados por efecto del rift oceánico o por removilizaciones posteriores, como es la reactivación del magmatismo en esas rocas, este último es la característica principal de los yacimientos que se encuentran en el Complejo Acatlán.

Para finales del Jurásico Inferior sobre el Terreno Mixteco se desarrollan fases tectónicas que son rellenadas por cuñas clásticas y volcanoclásticas. En el Jurásico Medio ocurren los primeros episodios de sedimentación continental y están representados por sedimentos detriticos de la parte inferior de la Formación Rosario que además presenta horizontes de carbón y abundante flora fósil. (Erben, 1956).

Los depósitos de carbón se localizan principalmente en dos zonas, sur y norte. Los yacimientos que se localizan en el sur de la zona de estudio se encuentran dentro de lo que es la cobertura mesozoica (Formación Rosario y Zorrillo) sobreyaciendo al Complejo Acatlán, y son de edad jurásica.

El ambiente en el que se originaron estos yacimientos son de cuenca, la cual se formó a finales del Jurásico Inferior. El carbón se generó en la planicie costera cercana a la cuenca y en esta zona se llevó a cabo la acumulación de materia vegetal.

La zona norte es la otra región que contiene carbón, presenta como características que es de edad Cretácico Medio, y que se origina en pequeñas cuencas que se formaron en ese periodo.

En resumen se tienen dos zonas con carbón y de edades diferentes, el que se encuentra en el sur es de edad Jurásico Medio y el de la zona norte Cretácico Medio, lo cual nos indica que mientras en el sur se origina una cuenca, en los alrededores y dentro de ésta se acumula materia vegetal, por lo que cae dentro de un ambiente somero y bajo efecto continental, mientras que el

Jurásico en la zona norte se encontraba más profundo y se depositaban gran cantidad de sedimentos terrígenos finos (arcillas). El carbón de la zona norte que es del Cretácico Medio se acumuló en pequeñas cuencas, entonces las condiciones de la zona eran someras y bajo efecto continental, mientras que el Cretácico de la zona sur, era de características de cuenca profunda, la cual no es propicia para la formación de carbón, sino de las secuencias carbonatadas características de esta región.

Lo expuesto anteriormente hace suponer que existió un basculamiento, en el cual, mientras la zona sur del Jurásico se encontraba en un nivel superficial, la zona norte se encontraba en una cuenca mas o menos profunda. Y para el Cretácico se invirtieron las características, ya que la zona norte estuvo en un nivel superficial, mientras que en la zona sur existió un ambiente de cuenca profunda.

En lo que respecta a la formación de carbonatos, el ambiente de cuenca profunda que caracterizó a la zona sur, durante el Cretácico. Fue apropiado para la acumulación de carbonatos, lo cual nos define una gran franja carbonatada en el sur de la zona de estudio. En este periodo se efectuaron una serie de regresiones y transgresiones, las cuales llegaron a invadir partes considerables de las tierras del sur, solo que, en algunas ocasiones las transgresiones no fueron continuas, lo cual nos indica una corta fase regresiva o estacionaria de línea costera, lo que provocó que se generaran algunos depósitos de evaporitas como el yeso, o también esto puede explicarse por la formación de cuencas pequeñas asociadas a tales transgresiones, que favorecieron la formación de cuerpos carbonatados locales.

Tomando en cuenta todos los yacimientos minerales que se generaron en el Mesozoico, se tienen los depósitos de carbón, carbonatos y yeso, los cuales se formaron contemporaneamente a la roca que los contiene.

Para finalizar el mesozoico se presenta la Orogenia Laramide que consta de una serie de levantamientos y plegamientos de los sedimentos depositados durante el Mesozoico e intensa actividad volcánica.

Los yacimientos que están descritos, en el Complejo Acatlán (polimetálicos, manganeso-hierro, y talco) se encontraban incluidos en dicho complejo, pero no son yacimientos minerales contemporáneos a la formación de dichas rocas, ya que existió reactivación magmática en el Terciario Inferior, la cual provocó removilización de elementos que se encontraban ya incluidos en el complejo y fueron depositados, dentro o fuera del mismo.

El Terciario Inferior se caracteriza por levantamientos, plegamientos y vulcanismo, que es resultado de una tectónica de formación de un arco magmático continental, en el que la actividad intrusiva se manifiesta junto con un vulcanismo también importante este se presenta con extrusión de andesitas, riocitas e ignimbritas, así como intrusiones de granitos y granodioritas. Posteriormente durante el oligoceno-mioceno se marca una intensa actividad hidrotermal originada por el emplazamiento de cuerpos intrusivos, todo esto dentro de un marco tectónico de convergencia

de una placa oceánica contra un borde continental. Los yacimientos metálicos formados durante este periodo incluyen una amplia variedad de asociaciones mineralógicas, entre las que se destacan vetas hidrotermales de Au, Pb, Zn (Au,Cu) (Au,Ag (Cu, Pb, Zn)) y Mn-Fe, así como Fe, Sb, talco y barita.

La distribución geográfica de los yacimientos oligo-miocénicos tiene una amplia cobertura en la zona de estudio.

Para el Terciario Superior, aparece uno de los rasgos más característicos de la zona de estudio, que es el Cinturón Volcánico Transmexicano, que forma una serie de estratovolcánes, de composición dacítica, que presentan una orientación mas o menos N-S, y pequeños volcánes o volcánes monogenéticos que estan constituidos por eyecciones piroclásticas, basaltos, basaltos andesíticos, andesitas y riolitas.

La aparición del Cinturón Volcánico Transmexicano provoca una serie de pequeñas cuencas y grandes cuencas endorreicas, las primeras, que se originaron en el SW de la zona de estudio, donde se encuentran los depósitos de yeso, que es donde se acumularon cantidades de agua no muy profunda lo cual provoca una serie de evaporaciones constantes, por lo que en periodos ciclicos de este tipo llegan a formarse los depósitos de yeso. El segundo tipo de cuencas que se origino en esta región son las endorreicas, que caracterizan a las zonas de Oriental y Tepeyahualco, y en estas se forman los depósitos de salmueras. En esta se lleva a cabo el proceso de formación desde la acumulación del material volcánico en las partes superiores de la cuenca. Posteriormente este material se erosiona e intemperiza y se deposita en la cuenca, esta a su vez es alimentada por flujos de aguas alcalinas, llevandose a cabo una intensa evaporación, por lo que sucede una cristalización por evaporación de soluciones ascendentes por capilaridad como producto de la fuerte irradiación solar. Estos depósitos son producto de procesos químicos de concentración en cuerpos acuosos superficiales por evaporación de solventes.

Los depósitos que se formaron en el reciente son los que están constituidos por arena silicea, que se localizan en la porción centro del área de estudio, y están caracterizados por que se formaron dentro de la Cuenca de Oriental, que esta a su vez está compuesta por andesitas y asociados piroclásticos, y estas rocas al encontrarse expuestas a la erosión e intemperismo, se van destruyendo y los sedimentos se van acumulando en las partes mas bajas, estos depósitos se consideran como sedimentario lacustre.

Otro de los materiales que se formaron en el reciente son los de el Fundo de Calpulalpán, que esta compuesto por cenizas y tobas del plio-pleistoceno, de composición acida, el material que se explota en este fundo es arena silicea, pómez y pumicita.

Además se tiene bauxita, que se generó en afloramientos de rocas volcánicas, básicas del terciario superior, que descansan discordantemente sobre formaciones sedimentarias del cretácico (Formación Tamán y Pimienta). La erosión superficial dio origen a mesetas separadas por profundos cañones. Debido al intemperismo sobre estas rocas volcánicas se ha desarrollado una arcilla de alteración de tipo laterítico:

EAPITULO VI

VI. GEOLOGIA ECONOMICA

VI.1. GENERALIDADES

México es un país con enorme tradición minera ya que posee vastos yacimientos con minerales importantes dentro de la industria y además cuenta con algunos yacimientos con metales preciosos. Desde la época prehispánica se extrajeron metales preciosos que en ocasiones llegaron a estar a flor de tierra. Su riqueza en oro, plata y otros metales despertaron el deseo de conquista de los españoles. Durante la época colonial empieza el auge de la minería y surgen ciudades como Chihuahua, Durango, Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí, entre otras, debido a que en estas zonas se encontraban ricos yacimientos minerales.

En la actualidad, hay una larga tradición y sólida experiencia minera en México, ya que existen abundantes yacimientos minerales ya identificados. Cerca de dos terceras partes del territorio nacional muestran condiciones geológicas favorables para ampliar el acervo de recursos naturales. Del 1 919 269 Km² que delimitan al país, tan solo 25 000 Km² se han explorado y explotado.

Los recursos minerales en la zona en estudio están concentrados principalmente en la parte norte y sur. La región es prácticamente virgen en la explotación minera. Sin embargo la importancia económica de la minería poblana día a día se incrementa como consecuencia de ser la base de sustentación de industrias básicas, como la industria química y de la transformación.

Tomando en consideración los aspectos manejados en la delimitación de lineamientos metalogenéticos asociado a los eventos tectónicos y magmáticos, y con esto ubicar y determinar épocas de mineralización, se mostrara a continuación los aspectos más característicos de cada uno de los distritos mineros que conforman lineamientos metálicos y no metálicos delimitados en el presente estudio, agrupándolos con una historia geológica y tectónica similar y cuyos productos minerales posean una composición físico-química analoga.

VI.2. YACIMIENTOS DE Au, Ag, (Pb, Zn, Cu)

Dentro de este lineamiento encontramos yacimientos con características geológicas y tectónicas bien definidas, yacimientos de origen hidrotermal (Cuyaco, Zautla, Tetela de Ocampo, Chichicauhtla y Fundo La Esperanza) y en la porción NE se localiza un yacimiento de origen vulcanosedimentario (Teziutlán) que representa el único yacimiento de estas características presente en la zona de estudio. (fig. IV.2).

VI.2.1: ZONAS DE CUYOACO Y ZAUTLA

Desde principios de siglo ya se tenía conocimiento de esta zona y se empezaban a explotar las minas comprendidas entre los municipios de Cuyoaco, Zautla e Ixtacamaxtitlán, pero fue hasta mediados de 1917 cuando se instaló la primera fundición en inmediaciones de la mina La Paz y posteriormente estuvieron operando los molinos y fundiciones en las cercanías de las minas Santa Elena y Armando que hoy en día solo quedan vestigios de ellas, cabe mencionar que del lineamiento delimitado los distritos más importantes son Cuyoaco y Zautla.

DISTRITO DE CUYOACO

El Distrito Minero de Cuyoaco se localiza en la parte norte del Estado de Puebla, en el Municipio de Cuyoaco, a 80 Km al NE de la Ciudad de Puebla, en las coordenadas 19°37'24" de latitud norte y 97°22'04" de longitud oeste.

En esta zona se encuentran calizas y lutitas de la Formación Pimienta, rocas metamórficas del tipo tactitas y rocas ígneas representadas por piroclástos como tobas y arenas riolíticas, además dacitas y riolitas, las rocas plutónicas están representadas por granodioritas y en menor proporción por dioritas.

Regionalmente el área se encuentra en el flanco norte (Zona de Barrancas) y el flanco sur (Altiplanicie de Oriental) de un anticlinorio formado por la Sierra de Tlaxco, que se encuentra dentro de lo que geológicamente se conoce como el Macizo de Teziutlán, que comprende un basamento granítico, generalmente poco expuesto, sobre el cual descansa una complicada serie de rocas metamórficas, sedimentarias marinas y continentales, que van del jurásico al eoceno, y rocas volcánicas.

Las rocas intrusivas están representadas por una estructura plutónica de granodiorita, la intrusión se presenta en parte controlada por fallas, y por el plegamiento de las calizas y en algunas partes es difuso, afectando en este caso la forma de apófisis.

La mineralización está representada por la galena, esfalerita, calcopirita, argentita, azurita, malaquita, bornita y oro como mena, y como ganga se encuentran cuarzo, calcita, limolita, hematita, especularita, epidota y granate.

Las estructuras mineralizadas se localizan principalmente en el contacto en falla de la caliza con el intrusivo granodiorítico, además la forma de estas es tabular, diseminaciones y en parte stockwork, y algunas se presentan controladas por fallas en contacto siguiendo el rumbo de la estratificación y en parte difuso, la asociación mineralógica es típica de los criaderos de metamorfismo de contacto, armando las vetas en skarn de granate ó rellenando fisuras.

Las principales alteraciones observadas de acuerdo con su importancia son granitización, oxidación silicificación y caolinitización.

La granitización se considera de gran importancia ya que se encuentra en las inmediaciones y contenida en las estructuras mineralizadas, de casi toda el área en contactos de falla del intrusivo granodiorítico con las calizas y tactitas.

La oxidación se encuentra presente en casi todas las estructuras mineralizadas en pequeñas proporciones.

La silicificación se presenta principalmente en la zona de tactitas y en algunas calizas en las inmediaciones del intrusivo.

La caolinitización se observa en el intrusivo granodiorítico, al que esta afectando fuertemente.

La roca donde se depósito la mineralización se clasifica como una tactita o skarn en donde se distingue el endoskarn y el exoskarn. La primera se encuentra en el borde del intrusivo y la segunda constituye una aureola de metamorfismo como producto del metasomatismo de contacto producida por la adición de soluciones del cuerpo intrusivo en rocas calcáreo-arcillosas y en contacto con las calizas recristalizadas, constituyen la roca favorable para la mineralización.

De acuerdo a la proximidad del cuerpo intrusivo de composición granodiorítica a la secuencia calcáreo arcillosa, se llega a la conclusión que la mineralización fué originada por soluciones hidrotermales, las cuales provienen del cuerpo igneo y emigraron por fallas, fracturas y planos de estratificación y posteriormente concentrados y finalmente precipitados en donde el conjunto de propiedades fisico-químicas fueron favorables para ello.

De acuerdo a las asociaciones predominantes se establece que las vetas del área son del tipo epitermal.

No se tienen mediciones radiométricas propias de la mineralización, pero se le asocia con un evento magmático calcoalcalino que se manifiesta con intrusiones dioríticas y granodioríticas ocurrido en el Mioceno, correlacionable con la orogénia del Terciario Medio (Damon y Mauger, 1966).

De las 30 minas y rebajes a cielo abierto, levantados y muestreados, los más importantes por sus condiciones geológico-mineras y respectivas leyes medias son: Las minas de Armando, California, Ocho Juárez, Santo Niño.

Mina Armando las estructuras son de forma tabular (6) presentan cierto paralelismo entre si con rumbo general NE50° y echado tanto al NW como al SE sus dimensiones (largo, ancho y profundidad), son 60.0 m X 0.45 m X 40.5 m con ley media de 1.65 gr/Ton. Au, 17 gr/Ton. Ag, 0.10% Pb, 0.01% Zn y 2.36% Cu, basada en un total de 36 muestras de canal transversal sobre la veta. Se ubicaron 5500 Ton. de terreros con ley media de 0.7 gr/Ton. Au, 19 gr/Ton. Ag, 2.5% Pb, 4.9% Zn y 11.2% Cu. basado en un total de 9 muestras. Los supuestos jales de esta mina son 2700 Ton. y ley media de 1.9 gr/Ton. Au, 0.0 gr/Ton. Ag, 0.2% Pb, 0.24% Zn y 0.03% Cu.

Mina California, las estructuras son de forma tabular con un rumbo general NE 80° y echado de 80° al NW, las dimensiones del yacimiento son 60.0 m X 0.40 m X 55.0 m y ley media de 0.26 gr/Ton. Au, 54 gr/Ton. Ag, 0.14% Pb, 1.29% Zn, 2.10% Cu, basado en

13 muestras de canal sobre veta.

Mina Santo Niño, su principal mineralización es el oro (según análisis), la potencia de la estructura es de 0.23 m, su rumbo NW 25° con echado casi vertical, la ley media basada en un total de 24 muestras de canal sobre veta son 3,22 gr/Ton. Au, 4 gr/Ton. Ag, 0.0% Pb.

Mina Dcho Juárez, la estructura presenta un rumbo NE 50° y echado 48° al NW, sus dimensiones son 5.0 m X 0.71 m X 10.0 m y su ley media es 1.15 gr/Ton. Au, 50 gr/Ton. Ag, 0.0% Pb, 3.92% Zn y 4.21% Cu.

DISTRITO ZAUTLA

El Distrito Minero de Zautla se localiza en la porción norte del Estado de Puebla, en las coordenadas 19° 40' de latitud norte y 97° 40' de longitud oeste.

Existen rocas sedimentarias calcáreas que corresponden a la Formación Pimienta de edad Jurásico Superior, rocas metamórficas del tipo tactitas del Terciario y rocas ígneas representadas por diques basálticos y derrames andesítico-basálticos y rocas intrusivas dioríticas y granodioríticas.

La mineralización principal es galena, esfalerita, calcopirita, disseminaciones de oro, plata y malaquita como mena, y como ganga se tiene cuarzo, calcita, limolita, hematita, epidota y especularita.

En este distrito se conocen dos tipos diferentes de yacimientos minerales, uno esencialmente aurocuprífero en la zona de tactitas, cercano al contacto con el intrusivo granodiorítico y el otro argentocuprífero con valores de esfalerita y galena, propiamente dentro del cuerpo granodiorítico, armando un skarn de granate.

Las estructuras mineralizadas son de forma tabular y disseminaciones. Los cuerpos mineralizados corresponden a yacimientos de metamorfismo de contacto en falla y fracturamientos.

Las alteraciones que se presentan son la silicificación, caolinitización y oxidación.

La silicificación se presenta principalmente en la zona de tactitas y en calizas en las inmediaciones del cuerpo intrusivo. La roca tiene un color gris azulado.

La caolinitización se observa fuertemente en el contacto de la caliza, lutita y supuestamente el intrusivo granodiorítico, aunque en el terreno es mínima su manifestación. En las barrancas y lomas comprendidas al E y SE de la mina La Paz, se localiza otra manifestación de caolinitización, afectando al intrusivo granodiorítico.

La oxidación se encuentra presente en casi todas las estructuras mineralizadas presentándose en la mina La Paz, el desarrollo de una zona oxidada de sombreros de oxidación (gossan), precedida de una caolinitización intensa.

La roca donde se depositó la mineralización se encuentra indistintamente en los bordes de la roca intrusiva granodiorítica,

en la roca metamórfica (tactitas) y en la roca intrusiva (calizas).

De las principales obras mineras que se tienen en este distrito, se encuentra mina La Paz, las estructuras muy oxidadas aproximadamente en un 90% con rumbo general de NW 30° y echado de 75° al NE, y potencias variables, dicha estructura sirve de contacto al alto con el intrusivo granodiorítico caolinitizado y al bajo con una zona muy oxidada, fallada y fracturada (capote), con una potencia estimada de 10.0 m. La mineralización se observa debajo del capote oxidado, la ley media basada en un total de 22 muestras es de 0.74 gr/Ton. Au, 15 gr/Ton. Ag, 0.02% Pb, 0.01% Zn, 0.61% Cu.

Según observaciones en superficie e interior de mina y basado en la interpretación de datos obtenidos, se llega a la conclusión que la mineralización fue originada por soluciones hidrotermales, las cuales provinieron de un cuerpo ígneo y emigraron por fallas, fracturas y planos de estratificación para formar un depósito mineral, que se clasificaría de tipo epitermal.

VI.2.2. DISTRITO MINERO DE TETELA DE CCAMPO

El Distrito Minero de Tetela de Ccampo se encuentra en la porción norte del Estado de Puebla entre las coordenadas geográficas 19°44' y 19°49' de latitud norte y 97°46' y 97°51' de longitud oeste con una superficie de 64 Km².

Dentro del Municipio de Tetela de Ccampo se encuentran alrededor de 70 minas que se encuentran trabajando o que trabajaron.

En el área de estudio se tienen rocas jurásicas calcáreas y continentales de las Formaciones Cahuacas, Tamán y Pimienta esta última en la mina Las Espejeras, es la formación que encajona a la mineralización, sobreyaciendo concordantemente a las rocas calcáreo-arcillosas de la Formación Pimienta, se tienen rocas calcáreas y arcillosas de las Formaciones Tamaulipas Inferior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez.

Se tienen rocas ígneas intrusivas de composición monzonítica de edad Oligo-Miocénicas, que intrusionan a la secuencia mesozoica, en el área se presentan rocas hipabisales que varían de porfidos andesíticos hasta stocks riolíticos y por los diques de composición ácida se les considera en edad correspondiente a la monzonita, por último se tienen rocas piroclásticas del tipo arenas pumiciticas.

La roca donde se depositó la mineralización es una caliza negra bituminosa con lentes de pedernal y rocas andesíticas.

En las calizas la mineralización se presenta en forma de bolsas, boleos, estos últimos están constituidos por una matriz de rodonita y rodocrosita en donde están diseminados sulfuros de Zn y Fe con leyes de Au y Ag.

En las estructuras mencionadas anteriormente se encuentran diseminaciones de galena, esfalerita, argentita, con leyes de Au y Ag, (estos en forma de sulfuros y sulfoantimoniuros) como mena y como ganga rodocrosita, pirita, rodonita y hematita.

Dentro del Distrito Minero de Tetela de Dcampo el área que destaca por su importancia es el llamado "Mineral de la Cañada" donde están concentradas 35 obras mineras, donde sobresalen, Las Espejeras, El Convento, Cinco Señores y El Porvenir.

Mina Las Espejeras, se dice que esta mina de oro situada al sur de la Cañada, fue enseñada a los conquistadores como una de las fuentes de oro mexicano, y que esta mina fue de las primeras que se trabajaron en beneficio del Gobierno Español.

Por las evidencias de mineralización es la zona más favorable para contener reservas de oro y plata, que tienen leyes medias de plata de 188 gr/Ton. (Melba), 223 gr/Ton. (Boca Vieja) y 445,6 gr/Ton. (Tepozanteco), con cuerpos mineralizados de 1 a 2 m de extensión.

La Mina El Convento es una obra a cielo abierto que presenta muy buenas perspectivas, ya que se han estimado valores de Au 50-60% y Ag 20-40%, en estas obras al llegar a la zona de las piritas se suspendieron los trabajos.

La Mina Cinco Señores se considera una obra minera muy importante, la mineralización se encuentra en un crestón de roca andesítica en forma de pequeñas vetas y conteniendo boleos de oro de 60-65% de Au.

La Mina El Porvenir, presenta las mismas características que la mina Las Espejeras.

Los yacimientos que se encuentran en este distrito son de origen hidrotermal de baja temperatura e indistintamente la mineralización se presenta, en calizas bituminosas y rocas volcánicas, en forma de boleos y diseminaciones predominando las estructuras de falla y fracturas de la roca encajonante.

VI.2.3. ZONA DE CHICHICUAUTLA

La zona de Chichicauatla se encuentra localizada en la porción centro-norte del Estado de Puebla, entre las coordenadas 19°22' de latitud norte y 97°28' de longitud oeste.

Existen rocas calcáreas arcillosas del Cretácico Superior, rocas metamórficas de contacto debido a fenómenos metasomáticos de contacto por emplazamiento intrusivo diorítico, dentro de rocas arcillo-calcáreas, formándose rocas del tipo hornfels y mármoles.

Sobreyaciendo a esta secuencia se tienen derrames andesíticos y basálticos de edad Terciaria y por último rocas piroclásticas.

Las estructuras mineralizadas arman indistintamente en rocas arcillo-calcáreas o en el intrusivo diorítico y hornfels.

La mineralización se encuentra principalmente en estructuras tipo veta-falla ó bien en fracturas y planos de estratificación. La dirección predominante de las estructuras es NE-SW con echados entre 45° y 60° generalmente al NW.

La mineralización que se detecto en esta zona es de galena, esfalerita, argentita, calcopirita y azurita como minerales de mena y como minerales de ganga cuarzo, calcita y pirita.

De acuerdo con el muestreo de orientación de las obras mineras se detectaron valores comerciales de plata, plomo, zinc y cobre, dentro de dichas obras mineras, las más interesantes e

importantes son:

El Chifón 2 (El Poder) con estructuras que presentan un espesor de 26 cm con leyes medias de 0.84 gr/ton. Au, 708 gr/Ton. Ag, 1.83% Pb, 2.90% Zn y 0.88% Cu.

La Preciosa con espesores de veta de 13 cm y con leyes medias de 0.09 gr/Ton. Au, 258 gr/Ton. Ag, 1.32% Pb, 1.66% Zn y 0.28% Cu.

Alto La Plateada, con estructuras del orden de los 24 cm de espesor, con leyes medias de 1.14 gr/Ton. Au, 308 gr/Ton. Ag, 1.40% Pb, 2.45% Zn y 0.32% Cu.

La Ucha II, presenta vetas de 24 cm de espesor y leyes medias de 3.26 gr/Ton. Au, 440 gr/Ton. Ag, 1.65% Pb, 2.64% Zn y 0.31% Cu.

Las Pozas (Pueblo Viejo), presenta estructuras que tienen 22 cm de espesor, con leyes medias de 1.12 gr/Ton. Au, 187 gr/Ton. Ag, 4.14% Pb, 1.36% Zn y 0.06% Cu.

Con respecto al origen de la mineralización, esta clasificado como hidrotermal del tipo relleno de fisuras que arman en forma de veta-falla, indistintamente en rocas sedimentarias y metamórficas.

VI.2.4. DISTRITO MINERO DE TEZIUTLAN

Dentro del Distrito Minero de Teziutlán se encuentra el yacimiento La Aurora que se localiza en la porción NE a 115 Km de la Ciudad de Puebla, en las coordenadas 19°56' de latitud norte y 97°21' de longitud oeste.

En el área existen afloramientos de rocas metamórficas del tipo esquistos de edad paleozoica correlacionables con el Complejo Acatlán; sobreyaciendo a esta unidad metamórfica se tiene una secuencia de areniscas, limolitas y conglomerados, correlacionables con la Formación Cahuasas del Jurásico Medio, posteriormente a esta secuencia se presenta una alternancia de calizas y lutitas de la Formación Tamán del Jurásico Superior. El cretácico inferior esta representado por calizas de la Formación Tamaulipas Inferior, sobreyaciendo a toda esta secuencia se tienen rocas volcánicas basáltico-andesíticas del cenozoico.

La asociación mineralógica de este yacimiento, esta formada por galena, esfalerita, calcopirita, pirita, oro y plata como mena y como ganga se tiene cuarzo, calcita y hematita.

Las menas consisten de cuerpos o mantos lenticulares en su mayoría erráticos e irregulares con espesores que van del orden de 0.25 a 3.0 m con un desarrollo lateral de unos cuantos metros hasta 200 m. Es frecuente la presencia de 2 ó mas lentes asociados ya sea en forma paralela ó dentro de un mismo horizonte lo que hace que algunas zonas presenten un potencial atractivo.

En superficie la alteración de la roca encajonante consiste de oxidación y silicificación con presencia de carbonatos.

Los cuerpos mineralizados presentes se encuentran emplazados en un esquistos de edad Paleozoica, concordantes a la foliación.

Considerando todas las características que presentan estos yacimientos es lógico suponerse que su medio de formación fue marino en un ambiente de Arco de Islas y Mar Marginal, en donde se verificó una actividad volcánica félsica, contemporánea con procesos sedimentarios que dieron lugar a los cuerpos masivos y a

las rocas que lo contienen. Resumiendo la información de este yacimiento se clasifica como de origen vulcanogénico, sin-genético a la secuencia vulcanosedimentaria, en forma de mantos lenticulares de sulfuros masivos concordantes a la foliación.

Es difícil ubicar la distribución espacial de este yacimiento, pero como mencionamos anteriormente, su génesis está relacionada a un vulcanismo félsico marino, pudiendo ser el resultado de un proceso exhalático sedimentario. Es probable que los esquistos verdes definan el levantamiento estructural y paleogeográfico de una cuenca oceánica del Precámbrico Tardío y Paleozoico Temprano, al final de la Orogenia Oachita-Huastecana durante el Permo-Triásico, como se evidencia al sur de México con el Complejo Acatlán (S. Bazan, 1981).

Estos depósitos fueron trabajados en 1892 con una ley de 10% Cu y de 1925 a 1931 se tuvo una producción de 325 000 Ton. con leyes de 1.89 gr/Ton. de Au, 78 gr/Ton. Ag, 3.2% Cu, 12% Zn y 1.2% Pb.

VI.3. YACIMIENTOS POLIMETALICOS Ag-Pb-Zn (Au-Cu)

Estos yacimientos conforman un grupo que se caracteriza por su comunidad de origen y de estructura geológica, que corresponden a menas polimetálicas, las áreas más importantes son: El Socorro, La Providencia, Cerro de Dolores, Caltepec, San Miguel Las Minas (Ahuatlan y Mina La Suerte), La Morita, Jolalpan y Lote Angelica.

La mayoría de los yacimientos que forman este lineamiento son vetas producidas por hidrotermalismo de baja y mediana temperatura. (fig. IV.3).

EL SOCORRO

El área de El Socorro se encuentra localizada en la porción SW del Estado de Puebla, al SEE del municipio de Izucar de Matamoros, a 17 Km de la Ciudad de Puebla, entre las coordenadas 18°27' - 18°32' latitud norte y 98°23' - 98°38' longitud oeste. La mina representativa de esta región es El Socorro.

En lo que respecta a la geología que se encuentra en la zona la constituye, el basamento que esta formado por esquistos del Complejo Acatlán del paleozoico inferior, sobreyaciendole a esta secuencia rocas sedimentarias del jurásico y cretácico inferior, representados por las Formaciones Tecocoyunca (lutitas y areniscas) y Morelos (calizas y dolomias) respectivamente, como rocas terciarias se tiene al Grupo Balsas, las rocas igneas extrusivas son riolitas, dacitas y andesitas, las rocas igneas intrusivas están caracterizadas por granodioritas y cuerpos intrusivos hipabisales porfidos andesíticos y riocácíticos.

Esta zona queda comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. La geología estructural de la zona esta caracterizada por metamorfismo regional con plegamiento y fallamiento intenso, existiendo foliación de las rocas metamórficas del Complejo Acatlán. Las formaciones

sedimentarias jurásicas y cretácicas fueron afectadas por procesos compresivos que afectaron de oriente a poniente, los cuales dieron lugar a anticlinales y sinclinales, esto ocurrió en los inicios del terciario, las aguas marinas se retiraron como consecuencia de la Revolución Laramide dando lugar al depósito de sedimentos continentales sobre todo en las partes bajas del Grupo Balsas, posteriormente tenemos influencia en la zona de vulcanismo con derrames de composición andesítica e intrusivos granodioríticos.

El fallamiento principal en el área presenta rumbos variados de NW 80° a E-W, con echados de intensidad 40°-45° hacia el NE.

Las mineralización se encuentra alojada principalmente en vetas en forma de cuerpos tabulares y en bolsadas irregulares que alcanzan 3 m de espesor, la estructura principal es una veta falla con rumbo E-W, se tienen vetas paralelas a la estructura principal, pero de menos importancia. Existen tres estructuras mineralizadas con longitud de 255 m y espesor de 0.20 a 3.00 m, dando reservas potenciales de 117 150 Ton. la ley media es 4.67 gr/Ton. Au, según la Compañía Minera del Sur y 1.38 gr/Ton. Au, según muestreo y análisis del Consejo de Recursos Minerales (1979). La mena consiste de galena argentífera, esfalerita, calcopirita, bornita, malaquita y azurita; los minerales de ganga están representados por cuarzo, pirita, calcita, hematita y especularita.

La roca encajonante consiste indistintamente en rocas calizas y dolomías de la Formación Morelos y en rocas terciarias del tipo andesita porfídica y tobás andesíticas. La alteración de la roca huésped consiste de oxidación y silicificación con presencia de carbonatos.

Las obras mineras no son muy numerosas, dentro de las más antiguas se tiene la mina El Aguacate, Socavón La Barranca del Plomo, El Tecolhuixtle y mina El Buey la cual presenta leyes de 0.14 gr/Ton. Au, 2.1 gr/Ton. Ag y 3.82 gr/Ton. Pb.

Las reservas globales para la mina El Socorro son:

Positivas	1 309 Ton.	Au=2.5 gr/Ton.	Ag=31 gr/Ton.	Pb= 4.3%
Probables	28 094 Ton.	Au=2.2 gr/Ton.	Ag=38 gr/Ton.	Pb=5.4%
Posibles	54 720 Ton.	Au=9.2 gr/Ton.	Ag=37 gr/Ton.	Pb= 5.9%

TOTAL	64 123 Ton.	Au=2.8 gr/Ton.	Ag=37 gr/Ton.	Pb=5.5%
-------	-------------	----------------	---------------	---------

LOTE MINERO LA PROVIDENCIA

La Providencia se localiza a 80 Km en dirección SW 25° de la Ciudad de Puebla, ubicado en el Municipio de Izúcar de Matamoros con coordenadas 18°33'13" latitud norte y 98°24'46" longitud oeste.

Las unidades litológicas que afloran en la región van del paleozoico inferior representados por los esquistos del Complejo Acatlán, sobreyaciendo se encuentran rocas sedimentarias lutitas y areniscas interestratificadas del Jurásico, encima de estas se tienen calizas y dolomías de la Formación Morelos del cretácico medio, cubriendo a toda esta secuencia se tienen rocas ígneas extrusivas caracterizadas por derrames andesíticos y dacíticos,

las rocas ígneas intrusivas están compuestas por granitos.

Esta zona queda comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica, Sierra Madre del Sur.

Las estructuras principales son cuerpos tabulares irregulares y diseminaciones, emplazando la mineralización en fallas y fracturas, el control estructural lo constituye una falla normal con rumbo general NE 72° con echado SE 55°.

Los minerales de mena consisten principalmente de argentita, galena, oro diseminado y calcopirita, la ganga está compuesta por óxidos de hierro, calcita y cuarzo. La roca encajonante de la veta consiste de un granito oxidado y silicificado al alto y al bajo.

Los rasgos de alteración más perceptibles sobre el terreno, son la coloración rojiza propia de la oxidación de los minerales ferrieros, la silicificación que se presenta tanto por rellenos de espacios abiertos como sustitución en la matriz de la roca.

Considerando las características que presenta este yacimiento, la mineralización ocurre a partir de soluciones hidrotermales ascendentes, provenientes de cuerpos intrusivos los cuales rellenaron fallas y fracturas. El espesor de los cuerpos mineralizados es de 3 m los cuales arrojaron leyes medias de 0.10 gr/Ton. Au y 4 gr/Ton. Ag, y según resultados obtenidos en un estudio se cubicaron 5 929.32 Ton. potenciales.

FUNDO MINERO CERRO DE DOLORES

Este fundo minero se encuentra ubicado en el municipio de Ixcamilpa de Guerrero, 2 Km al norte del pueblo de Xihuitlpa, entre las coordenadas 18°02' latitud norte y 78°40' longitud oeste.

La geología está representada por esquistos del Complejo Acatlán, del paleozoico inferior, sobreyaciéndole se tienen areniscas y lutitas, y cubriendo a esta secuencia se tienen rocas ígneas extrusivas, derrames andesíticos y porfidos traquíticos y rocas sedimentarias del Grupo Balsas.

Los cuerpos minerales se encuentran encajonados indistintamente en las rocas metamórficas del Complejo Acatlán y en las rocas sedimentarias del Grupo Balsas. Las estructuras más importantes que se tienen en este distrito son depósitos en vetas de reemplazamiento. La mineralización presente en esta zona está caracterizada por galena, esfalerita, argentita y calcopirita como mena y cuarzo, calcita y pirita como ganga. Las alteraciones hidrotermales predominantes son la silicificación, sericitización y oxidación.

MINA CALTEPEC

Esta mina se encuentra ubicada en la porción SE del Estado de Puebla, en las coordenadas 18°10'44" latitud norte y 97°28'41" longitud oeste.

Las rocas más antiguas del área están integradas por esquistos del Complejo Acatlán del paleozoico inferior, cubriendo a esta unidad se tienen rocas calizas y conglomerados

poligmiticos, y sobreyaciendo a toda esta secuencia se tienen tobos y piroclastos de composición andesítica, intrusionando a estas rocas se tienen intrusivos de composición granítica y granodiorítica.

Las estructuras mineralizadas estan emplazadas en esquistos del Complejo Acatlán, estas estructuras tienen forma tabular, del tipo relleno de fisuras, constituyendo un conjunto de vetas-falla, de dimensiones y espesores reducidos. La mineralización que se presenta es principalmente esfalerita, galena, argentita y calcopirita como mena y como ganga se tiene cuarzo, calcita, pirita y oxidos de fierro. Las alteraciones observadas en esta zona están representadas por una fuerte silicificación y una incipiente argilitización, además de oxidación.

De acuerdo a las asociaciones minerales predominantes, se establece que las vetas del área son del tipo epitermal de temperatura y presiones bajas; donde las soluciones hidrotermales provenientes de los cuerpos intrusivos, se emplazaron en zonas de falla y fractura, precipitandose los minerales y dando origen a estructuras de relleno de fisuras.

SAN MIGUEL DE LAS MINAS

El Área de San Miguel de las Minas se encuentra ubicado en la porción SW del Estado de Puebla.

La región queda ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica, de la Sierra Madre del Sur. Las rocas más antiguas aflorantes son rocas metamórficas, esquistos del Complejo Acatlán, que pertenece al paleozoico inferior, a esta secuencia le sobreyacen rocas sedimentarias jurásicas (Grupo Tecocoyunca), depósitos evaporíticos y rocas igneas extrusivas de edad terciaria, toda la secuencia se encuentra afectada por intrusivos hipabisales.

Esta región esta caracterizada por metamorfismo regional con plegamientos y fallamientos intensos, las rocas metamórficas del Complejo Acatlán presentan foliación, con rumbo N-S. Existe un diastrofismo debido a la intrusión del tronco Tepehene, cubierta por rocas igneas extrusivas.

La mineralización se encuentra emplazada en fallas y fracturas dentro de los esquistos del Complejo Acatlán, por lo que la forma de las estructuras mineralizadas son veta-falla ó bien en fracturas, el ancho de las estructuras es pequeño del orden de 0.70 m. La mineralización consiste de esfalerita, galena argentífera y calcopirita.

Las obras mineras estan constituidas por varias minas en explotación pero las mas importantes son Prospecto Ahuatlán y Mina La Suerte.

PROSPECTO AHUATLAN

El Prospecto Ahuatlán se encuentra localizado en la porción SW del Estado de Puebla, en las coordenadas 18°34' latitud norte y 98°15' longitud oeste.

La geología esta caracterizada por esquistos del Complejo

Acatlán, del paleozoico inferior y ha esta le sobreyacen rocas ígneas extrusivas, andesitas y rocas sedimentarias volcánico-clásticas, las ígneas intrusivas están caracterizadas por granitos y granodioritas.

La mineralización se encuentra emplazada en rocas metamórficas, esquistos y en rocas volcánicas, andesitas. Las estructuras principales que se tienen son cuerpos tabulares en forma de vetas con espesores de 0.37 m. La mineralización está caracterizada por galena, argentita, cuprita y calcopirita como mena y como ganga se tiene hematita, cuarzo, calcita y sales de sodio y potasio.

MINA LA SUERTE

La mina La Suerte se encuentra localizada en la porción SW del Estado de Puebla, junto a la Villa de Patanoaya, Municipio de Ahuatlán, entre las coordenadas 18°30' latitud norte y 98°19' longitud oeste.

El basamento está constituido por esquistos del Complejo Acatlán, del paleozoico inferior, sobreyaciendo a esta secuencia se tienen rocas sedimentarias del terciario del Grupo Salsas y roca ígneas extrusivas de tipo andesítico y rocas intrusivas graníticas.

La roca encajonante en donde se encuentra la mineralización son esquistos y andesitas. Las estructuras más importantes que se tienen son cuerpos tabulares en forma de vetas con un espesor promedio de 1.52 m. La mineralización que se presenta consiste de galena, esfalerita, calcocita, argentita, bornita, malaquita y azurita como mena y como ganga se presenta cuarzo, calcita y sales de sodio y potasio, cabe mencionar que en esta mina se encuentran trazas o anomalías de Cr y Ni. Las alteraciones predominantes son silicificación, argilitización y oxidación. Las leyes obtenidas que se reportan según el Consejo de Recursos Minerales son estas: 33 gr/Ton. Ag, 0.50 gr/Ton. Au, 0.08% Pb, 0.06% Zn y 1% Cu. además se estimaron 1 375 000 Ton. de reservas.

MINA LA MORITA

La mina la morita se encuentra localizada en la porción SE del Estado de Puebla a 10 Km del Municipio de Tehuacán, entre las coordenadas 18°34' latitud norte y 97°22' longitud oeste.

Las rocas más antiguas presentes en esta zona son lutitas arenosas y areniscas del jurásico inferior marino, el cretácico se encuentra representado por calizas con lentes de pedernal, sobreyaciendo ha estas, se tienen rocas del terciario, rocas sedimentarias continentales representadas por conglomerados con areniscas, rocas ígneas intrusivas compuestas por granodiorita y diorita.

La roca encajonante está representada por calizas, lutitas arenosas y areniscas. Las estructuras más importantes son en forma de vetas-falla que se consideran muy angostas. La mineralización está constituida por galena argentífera, esfalerita, galena,

azurita, malaquita y smithsonita como mena y como ganga se tiene cuarzo, pirita y calcita. La alteración más importante es la silicificación. Las leyes medias que se reportaron son las siguientes 0.10 gr/Ton. Au, 42 gr/Ton. Ag, 17% Pb y 1.5% Zn.

Dentro del municipio de Tehuacán se encuentran varias obras mineras en las cuales la mina Aguila de Plomo se cuantifico una ley media del rebaje más profundo No. 1 de Au=0; Ag=73 gr/Ton. Pb=3.7% y Zn=12%.

YACIMIENTOS DE Pb-Ag EN MIAHUATLAN

Este yacimiento se encuentra localizado en la porción SEE del Estado de Puebla en el Municipio de Santiago Miahuatlán, en las coordenadas 18°31' latitud norte y 97°29' longitud oeste.

La geología del área esta constituida por rocas sedimentarias del tipo calizas del mesozoico y la presencia de rocas igneas intrusivas de composición granodiorítica del terciario, que intrusionan a las rocas calcáreas.

La roca encajonante de la mineralización es la unidad calcárea, las estructuras principales están constituidas por cuerpos tabulares del tipo vetas. La mineralización esta compuesta por galena, esfalerita y argentita como minerales de mena y como ganga se tiene cuarzo y calcita.

Es probable que la mineralización que se encuentra emplazada en rocas mesozoicas, en forma de vetas fué originada por un voluminoso cuerpo intrusivo de composición granodiorítica, que intrusiona a dichas rocas, el afloramiento de este cuerpo tiene una considerable extensión.

JOLALPAN

El área de Jolalpan se encuentra ubicada en la porción SW del Estado de Puebla, en el Municipio de Jolalpan.

La geología esta constituida por rocas sedimentarias del cretácico medio representado por los miembros evaporítico y calcáreo, sobreyaciendo discordantemente se encuentran rocas del terciario como el Grupo Balsas, rocas volcánicas y piroclásticas de composición andesítica, estas rocas se encuentran intrusionadas por el tronco granítico de Jolalpan.

Esta zona se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica, de la Sierra Madre del Sur, regionalmente el área tiene dos troncos estructurales con rumbos N-NW, en las rocas cretácicas (Formación Morelos) y terciarias (Grupo Balsas), y fallas locales con longitudes variables.

La mineralización se encuentra alojada tanto en rocas calcáreas y conglomerados Balsas, como en las rocas igneas intrusivas que están controladas por fallas con rumbo casi N-S. La mineralización se encuentra principalmente en estructuras de tipo veta-falla, fracturas y planos de estratificación. Los minerales de mena que se presentan en las estructuras son galena, esfalerita, argentita y calcopirita y como ganga se tiene calcita, cuarzo, pirita y hematita. Las principales alteraciones que se

encuentran en esta zona son silicificación, argilitización y oxidación.

Las principales obras mineras reconocidas en el área de Jolalpán, son mina El Colorado, que presenta sulfuros de hierro; 10 a 20% de galena, argentita, y esfalerita de 5 a 10%. Las estructuras mineralizadas con calcita esporádicamente presentan sulfuros, excepto en la mina El Plomo 5 a 10% de galena.

Según la geoquímica de sedimentos se obtuvieron anomalías altas y medias, las anomalías altas se encuentran indistintamente en rocas sedimentarias e ígneas.

LOTE ANGELICA

El Lote Angelica se encuentra localizado en la porción centro-sur del Estado de Puebla, en el Municipio de Zacapala, junto a la margen del Río Ajomilma, entre las coordenadas 18°36' latitud norte y 98°01' longitud oeste.

La geología esta compuesta por esquistos del Complejo Acatlán del paleozoico inferior, sobreyaciéndole a estas se tienen calizas arcillosas con nodulos de pedernal, en ocasiones estas rocas se encuentran recrystalizadas y metamorfozadas.

La mineralización se encuentra emplazada en rocas calcáreas, las estructuras principales que se presentan en esta zona son mantos y pequeñas vetas. La mineralización que se presenta es de diseminaciones de sulfuros, calcopirita, pirita, galena, esfalerita, bornita y como ganga se tiene hematita, malaquita y azurita.

VI.4. YACIMIENTOS DE MANGANESO Y FIERRO Mn, Fe (Cu)

Los yacimientos que conforman este lineamiento de Mn-Fe presentan características geológico-mineras, muy parecidas, los tipos de yacimientos que la conforman son vetas hidrotermales, las localidades más importantes son: Tlauceingo, La Aurora, La Providencia 2, El Cuajilote o Palo Santo, Los Reyes Metzontla y Acatlán. (fig. IV.4).

MINA TLAUCINGO

La mina Tlauceingo se encuentra localizada en la porción SW del Estado de Puebla, en el Municipio de Teotlalco, a 153 Km de la Ciudad de Puebla, en las coordenadas 18°22' latitud norte y 98°49' longitud oeste.

La geología de la zona esta constituida por las rocas más antiguas a las más recientes; areniscas y lutitas del cretácico inferior, estos sedimentos subyacen a calizas del cretácico medio, y a estas calizas les sobrayace un cuerpo de conglomerados calcáreos del terciario inferior; sobre toda esta secuencia se encuentra una cubierta volcánica de andesitas y dacitas del terciario y una serie de diques cloritizados, que constituyen al norte todo el relieve hasta Teotlalco.

Las rocas que encajonan la mineralización, son calcáreas del cretácico medio, la mineralización se encuentra rellenando fracturas y fisuras en forma de vetas y vetas-falla, y en planos de estratificación, teniendo estructuras tipo lentes. La mineralización que se encuentra en esta zona esta constituida por óxidos de pirolusita, calcopirita, covelita y malaquita como mena y como ganga se tiene jaspe, hematita, magnetita, calcita y clorita, el jaspe es abundante y profuso posiblemente asociado con actividad volcánica. Las alteraciones reconocidas son silicificación, cloritización y oxidación presentandose localmente sublimados hematíticos.

En el área de Tlaucingo existen diferentes obras mineras que por su importancia, representa concentraciones de minerales muy atractivos, se mencionaran los yacimientos más significativos.

LA SOMBRA

Esta obra minera se conoce como el pasaje de la Sombra Parda y se encuentra a 1.5 Km al NE de Tlaucingo. El material extraído en esta obra son óxidos de manganeso en forma de veta (nodular) y de reemplazamiento en calizas, asociado principalmente a minerales radiactivos. La roca encajonante esta compuesta por calizas, las estructuras son veta-falla. Se estimaron aproximadamente reservas positivas de 7 500 Ton. con una ley media de 20% de manganeso.

LA COBRIZA

Es un tajo vertical que se caracteriza por estar muy asolvado, la obra esta realizada sobre una veta-falla normal y vertical, encajonada en calizas. La mineralización consiste en óxidos de manganeso ferroso considerando indicios de cobre, la ley media es de 20% de manganeso.

LOS ZOPILOTES

Se encuentra a 500 m al E de Tlaucingo, mostrando vestigios de excavación a cielo abierto y pepena de nodulos de manganeso. En el área aflora confusa una veta-falla E-W vertical con mineralización de manganeso y fierro.

EL CRISTO

Los aspectos geológicos que se tienen en la obra Los Zopilotes son comunes, pudiendo constituir una simple extensión de ella hacia el sur-oriente. La obra El Cristo al E de Tlaucingo presenta un tunel con crueros y contrapozos los cuales se encuentran obstruidos, la mineralización presente es manganeso en forma de un sistema de vetillas y posibles reemplazamientos.

LA JOYA

Esta obra se encuentra a 1.5 Km al NEE de Tlaucingo, la

explotación se realiza a cielo abierto y se tiene, un mineral color ocre rojo, que se consideran sublimados de hematita, extendidos en fracturas y cavidades de calizas formados por precipitación y reemplazamiento.

LA CIMA

Se encuentra a 1 Km al E de Tlaucingo, en donde se presentan sublimados de hematita en fracturas y cavidades de roca calcárea, localmente las calizas son fuertemente metasomatizadas a jasper.

LA PARDA

Localizada a 1 Km al NNE de Tlaucingo a unos 200 m al NNW de las obras mineras de La Sombra, presenta óxidos negros de manganeso (pirolusita) emplazados en fracturas y planos de estratificación de las calizas.

El ocre se estima en 20% del volumen de la roca, se tienen reservas positivas calculadas por 75 000 Ton. en cada manifestación con 300 000 Ton. totales.

En íntima asociación genética con los ocres se encuentran voluminosos depósitos de jasper, los que presentan una variedad cristalina de cuarzo coloreado por óxidos de hierro, y se forma por silicificación de las calizas, por un reemplazamiento hidrotermal de sílice. La presencia de este mineral se tiene en las obras La Joya y La Cima en las que se estimaron 400 000 Ton. positivas con ley media de Fe= 18% y SiO₂= 80%.

MINA LA AURORA

La mina La Aurora se encuentra en la porción SW del Estado de Puebla, al norte de Tlaucingo, en el Municipio de Teotlalco en las coordenadas 18°22' latitud norte y 98°49' longitud oeste, es la mina de mayor importancia en el área de Tlaucingo por contener minerales radiactivos.

Esta región forma parte de las estribaciones de la cadena montañosa de la Sierra Madre del Sur que culmina en los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl.

La geología está representada por calizas del cretácico medio, sobreyaciéndole a estas se encuentran discordantemente conglomerados del Grupo Balsas del terciario, y sobre estos se tienen piroclásticos (tobas de composición riolítica) también del terciario.

La mineralización se encuentra emplazada en las rocas clásticas del Grupo Balsas, pero principalmente en las calizas del cretácico medio, las estructuras en las que se encuentra la mineralización son fracturas menores formadas por el Grupo Balsas, en las rocas calcáreas se encuentran impregnaciones y a veces reemplazamientos. La mineralización característica es calcopirita, hematita y pirolusita como mena y como ganga se tiene cuarzo y calcita, existen minerales de uranio que están asociados a los minerales de cobre. La silicificación, es la zona más importante

característica en las rocas calcáreas y en menor grado la intensa oxidación.

Dentro del Área de Tlauceingo, hacia el sur y poniente de la mina La Aurora se localizan algunos lotes mineros de los cuales los más importantes son Providencia 2 y Cuajilote ó Palo Santo, son zonas que presentan las mismas características geológico mineras, que las obras analizadas anteriormente es decir: en forma de emplazamiento de la mineralización, roca encajonante, estructuras mineralizadas y paragenesis mineral, con la única diferencia de que la mina Providencia 2 se presenta mayor contenido de carbonatos de hierro (azurita y malaquita).

LOS REYES NETZONTLA

Los Reyes Metzontla se encuentra ubicado en la porción SE del Estado de Puebla a 10 Km de Zapotitlán Salinas, la zona mineralizada se ubica al W de esta población en las coordenadas 18°19' latitud norte y 97°31' longitud oeste.

La geología consiste del basamento metamórfico de esquistos verdes del paleozoico inferior, le sobreyacen sedimentos calcáreos, lutitas y clásticos marinos del cretácico, a esta secuencia le sobreyacen derrames basálticos y andesíticos.

La roca en la que se emplaza la mineralización son rocas calcáreas del cretácico medio, la forma de las estructuras donde se encuentra la mineralización, es de reemplazamientos en calizas y vetas caracterizada por relleno de fisuras y fracturas. La mineralización esta constituida por azurita, oxidos de manganeso, calcopirita, hematita y blenda como mena y la ganga se compone de cuarzo y calcita.

Existen varias obras mineras exploratorias superficiales y subterráneas en un radio aproximado de 16 Km², de las más importantes se tiene los prospectos San Antonio y Providencia en las cuáles se detectaron valores de fierro de 30% aproximadamente y manganeso.

ZONA DE ACATLAN

Se encuentra ubicado en la porción SE del Estado de Puebla en el Municipio de Acatlán, en las coordenadas 18°12' latitud norte y 98°04' longitud oeste.

La geología esta caracterizada por rocas metamórficas del Complejo Acatlán, del paleozoico inferior y le sobreyace discordantemente rocas calcáreas y lutitas del cretácico, coronando a toda esta secuencia se tienen derrames basálticos y andesíticos del terciario.

La roca encajonante que emplaza la mineralización es una pizarra manganosa gris-oscuro y densa, la forma que tienen las estructuras son vetas de relleno en fallas y fracturas y de reemplazamiento sobre rocas metamórficas, en algunos casos el aprovechamiento del manganeso es explotado en cantos fluviales rodados provenientes del terreno metamórfico. La mineralización característica del yacimiento, esta constituida de oxidos de fierro

(hematita) y óxidos de manganeso (pirolusita), como mena y como ganga se tiene cuarzo y calcita.

Se han realizado varias exploraciones en distintas zonas cercanas al Municipio de Acatlán, detectándose 14 localidades con hierro y manganeso, alrededor de unos 70 Km² en los cuáles se detectó mineralización con 33% de manganeso, de entre las áreas más importantes que se tuvieron están, Zacapala, Acatlán, Tehuiztingo, Cuayuca y Santa Ines Ahuatempán.

VI.5. YACIMIENTOS DE FIERRO

Los yacimientos de hierro localizados en la zona de estudio, se encuentran muy aislados y la información disponible acerca de sus características geológico-mineras son muy reducidas.

En un estudio geológico y de magnetometría aérea realizado por el Consejo de Recursos Minerales se detectaron concentraciones y manifestaciones de hierro, presentándose un importante yacimiento en la porción norte (Tlalislipa) y una extensa área en la región sur en la cual se reportaron 3 anomalías de hierro, de las cuales se tiene conocimiento en las regiones de Tlaminálco, Jolalpán y Coameca. Se estimaron 381 050 Ton. potenciales de mineral de hierro con diferentes leyes, ya que la calidad del mineral varía desde ocre hematítico a hematita y magnetita.

Es importante mencionar que de los depósitos de hierro mencionados, la información disponible acerca de sus características geológico-mineras es muy escasa, de las localidades más estudiadas y de mayor importancia en el Estado de Puebla se tiene la de Tlalislipa; por otra parte las anomalías ubicadas en la porción sur Tlaminálco, Jolalpán y Coameca, únicamente se tiene reportado que existen concentraciones de hierro por lo que se considera importante ubicarlas y tomarlas en cuenta como concentraciones ferríferas importantes. (fig. IV.5).

TLALISTLIPA

Se encuentra localizado en la porción norte del Estado de Puebla, a 105 Km al norte de la Ciudad de Puebla, accesible por la carretera Apizaco-Huauchinango, en el Municipio de Zacatlán entre las coordenadas 19°55' latitud norte y 97°57' longitud oeste.

La geología de la zona está caracterizada por rocas sedimentarias calcáreas del mesozoico, cubiertas por extensos afloramientos de rocas volcánicas de composición andesítica y basáltica, del terciario.

La mineralización se encuentra emplazada principalmente en rocas volcánicas basálticas intensamente alteradas por la meteorización. Las estructuras en las que se encuentra la mineralización son de forma intergranular, embarraduras, impregnaciones, rellenos de fracturas y fisuras, la mayoría son cuerpos de reducidas dimensiones (1 a 5 m). Los minerales de mena están caracterizados por hematita, ocre hematítico y magnetita y como ganga se tiene cuarzo, calcita y minerales arcillosos. Las

alteraciones principales y reconocidas son arcillitización y oxidación, existen manifestaciones hidrotermales de poca intensidad en la región, los que se atribuyen a procesos volcánicos.

Es muy reducido el tonelaje, ya que se consideran reservas positivas con una ley mayor a 40% y con menor contenido de 20 a 40%. Con las incipientes observaciones realizadas, se suman los pequeños afloramientos positivos, conocidos, además se estima poder extraer 500-2000 Ton. de Tlamineralco con un 40% de fierro, Tlalislipa (con Tlamineralco y Jolalpan) es una de las tres localidades ferrosas mejor accesibles desde la Ciudad de Puebla.

VI.6. YACIMIENTOS DE ANTIMONIO

Los yacimientos hidrotermales de baja temperatura con mineralizaciones importantes de antimonio y mercurio, se encuentran concentrados y aislados en la porción SW y SE del Estado de Puebla de los más importantes se tienen Tulcingo, Chiautla y Tehuacán. (fig. IV.6).

Las características geológico mineras de las tres localidades son muy similares por lo que se describirá un yacimiento englobando las características generales de los otros.

CHIAUTLA

El yacimiento de antimonio se encuentra ubicado en el Municipio de Chiautla en la porción SW del Estado de Puebla, en las coordenadas 18°17' latitud norte y 98°37' longitud oeste.

Sobre la secuencia metamórfica representada por el Complejo Acatlán del paleozoico inferior, se encuentran discordantemente rocas sedimentarias calcáreas del Cretácico medio, sobreyaciéndole una secuencia de conglomerados del Grupo Balsas del terciario inferior, coronando a todo este paquete se tienen derrames andesíticos, las rocas ígneas intrusivas están caracterizadas por cuerpos dioríticos a granodioríticos.

Los cuerpos de mena se encuentran emplazados principalmente en rocas calcáreas y en material volcanoclástico, la naturaleza calcárea de algunas de estas rocas facilitan el proceso de disolución y de reemplazamiento. Las estructuras principales donde se aloja la mineralización es de relleno de fracturas y cavidades en forma de cuerpos tabulares (vetas) y de reemplazamiento. La mineralización se presenta principalmente por estibinita y cinabrio como mena, y como ganga se tiene calcita, anhídrita, pirita y yeso.

El origen del antimonio y mercurio podría provenir tanto de dos intrusivos vecinos, como de la removilización de las rocas volcánicas infrayacentes. Parecen representar las últimas emanaciones altamente móviles, emplazados hasta la superficie por removilizaciones y segregaciones magmáticas de baja presión y temperatura.

VI.7. DEPOSITOS DE BAUXITA

La bauxita desde 1886 es un mineral que casi en forma exclusiva se usa en el mundo occidental para la obtención económica de la alúmina, a partir de la cuál se produce el aluminio metálico. El Consejo de Recursos Minerales ha llevado exploraciones en busca de materia prima para la producción de aluminio "bauxita" en el territorio nacional, durante los últimos 30 años.

XICOTEPEC DE JUAREZ Y NECAXA

En el norte del Estado de Puebla, en la zona de Necaxa y Huauchinango, en un área de 160 Km se encontraron sitios que mostraban interesantes concentraciones de alúmina. (fig. IV.7).

Los muestreos de orientación permitieron seleccionar 40 Km², entre las poblaciones de Xicotepec de Juárez, Dos Caminos, Mazacotlán y Lagunillas Zihuatehuatla. La zona principal de la investigación se encuentra en las coordenadas 20°15' latitud norte y 98°00' longitud oeste.

El área estudiada se encuentra en la porción septentrional de la Sierra Norte de Puebla, la cuál a su vez pertenece a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. Está constituida por una serie de tierras altas cortadas por profundos cañones de los ríos que la drenan, provenientes de las sierras cercanas.

La geología esta constituida por calizas densas de tonos negros que alternan con lutitas negras, (Formación Pimienta), del mesozoico superior, descansando discordantemente sobre las rocas sedimentarias se encuentran rocas volcánicas casi horizontales representadas por derrames basálticos y andesíticos, posiblemente del terciario medio encima de las rocas volcánicas hay una capa de arcilla laterítica que presenta toda la gama entre el rojo y pardo, el espesor de esta capa es muy irregular y puede variar de 3.50 a 20 m dependiendo principalmente del relieve del terreno.

En lo que respecta a la mineralogía, debido a la similitud de las bauxitas con las arcillas, resulta difícil reconocer en el campo un yacimiento de bauxitas, su determinación se puede definir únicamente por estudios de laboratorio, con análisis químicos y difracción de rayos X, según pruebas en Consejo de Recursos Minerales demostraron que se trata de arcillas caoliniticas con contenidos de hidróxidos de aluminio.

De acuerdo a las teorías para la formación de una laterita, se establece que estas arcillas caoliniticas se formaron a partir de las rocas volcánicas en un clima subtropical lluvioso, en la cuál gracias a la permeabilidad de estas rocas volcánicas hay una gran infiltración que permite la lixiviación y la formación de arcillas residuales en la localidad.

Puede establecerse tambien que estas arcillas caoliniticas, son una etapa intermedia por la presencia de los hidróxidos de aluminio en la formación de una bauxita. En efecto en muchos depósitos de bauxita en el mundo, estas se encuentran asociadas a

un "cojin" de arcilla caolinítica y a la roca fresca.

Se realizaron barrenaciones de las mesetas en sus ejes mayores y menores, estudiándose los cambios por plasticidad y granulometría y colectando muestras en estos cambios en intervalos de 50 cm. Se analizaron las muestras por difracción de rayos X cualitativo y semicualitativo, confirmandose valores por parámetros establecidos, por métodos químicos. Con base a los resultados de laboratorio se concluyó que en el área no existen minerales con interés económico, para el método de Buyer tradicional. No obstante lo anterior y solo para dar una idea del tamaño del depósito, se evaluó el yacimiento como sigue.

Considerando un peso específico de 2.3 se cubicaron 20 millones de toneladas con un contenido de alúmina soluble de entre 17 y 20% con un promedio de 10% de sílice y 20% de hierro.

VI.8. ANOMALIAS DE CROMO-NIQUEL-COBALTO

Estas anomalías de cromo, níquel y cobalto se encuentran en la porción SW del Estado de Puebla concentrándose en la región de Tehuitzingo. (fig. IV.8).

El área de Tehuitzingo se localiza en la porción sur-central de Puebla en las coordenadas 18°15' y 18°20' latitud norte y 98°17' y 98°21' longitud oeste, que equivalen a 90 Km2 aproximadamente.

La zona se encuentra incluida en la Provincia Fisiográfica, de la Sierra Madre del Sur. La geología esta constituida por esquistos verdes del Complejo Acatlán, del paleozoico inferior que forma el basamento y se observan diques serpentiniticos y dacíticos del paleozoico medio, intrusionando a los esquistos. Sobreyaciendo a esta secuencia se encuentran rocas sedimentarias continentales compuesta por depósitos epiclásticos del terciario.

La roca que emplaza a los cuerpos mineralizados esta caracterizada por los esquistos verdes de la Formación Xayacatlán del Grupo Acateco (Complejo Acatlán). La mineralización se presenta en cuerpos y lentes (background y pods) irregulares y concordantes a la foliación, con una disposición errática. Las manifestaciones de los cuerpos minerales esta representada por cromita, níquel y cobalto y como ganga se tiene serpentina, asbesto (crisotilo), magnesita, talco y magnetita.

En el área de Tehuitzingo, se reconocieron varias obras mineras, entre las más importantes se mencionan el prospecto Lengua de Vaca en el cuál se reportaron anomalías de cromo en muestras hasta del 11%. Como valores promedio de Cr y Ni se reportan 0.32% y 0.19% respectivamente, por lo que no se consideran económicamente rentables para su explotación.

En la sección de Allende, Distrito de Acatlán Pue. se observo un background de 0.20% de Cr y 0.20% de Ni, el cobalto solo se registro en la ranchería El Carrizal con un promedio de 0.20%.

Como productos de alteración hidrotermal (metasomática), posterior a la serie ofiolítica se tienen depósitos de asbesto,

talco, serpentina y magnesita, también se conocen algunas concentraciones detríticas, producidas por arrastre en arroyos.

VI.9. ANOMALIAS DE URANIO

En las obras mineras de Tlauceingo y la Aurora se han detectado concentraciones de uranio, el cual se considera que está asociado a los yacimientos de manganeso y hierro. (fig. IV.4).

Cabe mencionar que la obra minera La Aurora se considera la de mayor importancia por contener minerales radiactivos. Los primeros estudios que se hicieron en esta zona fueron, para explotar concentraciones de óxido de manganeso.

La génesis de estas concentraciones de uranio, podrán asociarse a procesos hidrotermales, con eventos magmáticos, refiriéndolos a eventos de removilización y emplazamiento de uranio hidrotermal, a partir de concentraciones primarias en sedimentos continentales del triásico y jurásico.

VI.10. YACIMIENTOS DE BARITA

Los yacimientos de barita se distribuyen principalmente en el sur del Estado de Puebla y se tiene un yacimiento aislado en el norte del mismo. (fig. IV.9).

Las localidades en las que se encuentra barita son las de Tecamatlán, Huehuetlán, Izúcar de Matamoros y Teopantlán.

En Tecamatlán se tiene el Fondo New York localizado en las coordenadas 18°12' latitud norte y 98°21' longitud oeste. La geología que se encuentra en esta zona es caracterizada por el basamento metamórfico del Complejo Acatlán; calizas y lutitas de edad cretácica; y del terciario se tiene un intrusivo granítico de muscovita.

Este yacimiento es de origen hidrotermal de baja temperatura, fue generado por manifestaciones magmáticas del terciario ya que las estructuras mineralizadas se encuentran encajonadas en el intrusivo. La estructura que se observa es un manto de rumbo general NE 55° y buzamiento de 15° al SE con una potencia media de 1.20 m el tonelaje que se calcula es de 60 000 Ton.

Las características de este yacimiento nos indican que la roca encajonante, que es el intrusivo granítico, no es favorable para el emplazamiento de grandes volúmenes.

Para los yacimientos de Izúcar de Matamoros, Huehuetlán y Teopantlán, la geología que se presenta está caracterizada por el Complejo Acatlán que actúa como basamento y está constituido por esquistos, cuarcitas, metareniscas, pelitas y metaconglomerados, además se tienen rocas sedimentarias del cretácico como conglomerados, areniscas, calizas y lutitas; y rocas ígneas de edad Terciaria que están constituidas por dacitas y porfidos dacíticos.

En Izúcar de Matamoros se tiene la mina San Cristóbal que está localizada en las coordenadas 18°44' latitud norte y 98°27'

longitud oeste. La barita se localiza en lutitas que fueron intrusionadas y fracturadas por intrusivos de tipo dacítico. Las estructuras principales son vetas y existen cuerpos paralelos.

El yacimiento de Teopantlán se localiza a 15 Km de Epatlán sobre una terracería y brecha pasando por San Miguel Ayotla. El origen de este yacimiento es hidrotermal de baja temperatura y presión, las rocas ígneas encontradas en la zona consisten de porfidos dacíticos y dacitas que intrusionaron y fracturaron a las rocas cretácicas por lo que los fluidos mineralizantes ascendieron por las zonas de fracturamiento y fallas quedando depositadas en estas.

La mena está constituida por sulfato de bario principalmente, y como ganga se tiene cuarzo, además se presentan minerales como pirita y bornita, la barita es de color cremoso, y se tienen reservas calculadas por 250 000 Ton.

El yacimiento de Huehuetlán es conocido por Santa Martha, se encuentra localizado en las coordenadas 18°44' latitud norte y 98°10' longitud oeste, cerca del poblado de San Martín, el mineral se encuentra en calizas y lutitas que fueron intrusionadas y fracturadas por el porfido dacítico. La estructura que se observa son vetas.

El yacimiento de Zongozotla se encuentra al norte de la zona de estudio en las coordenadas 20°01' latitud norte y 97°42' longitud oeste, a 18 Km al NW de Zacapoaxtla.

La geología consiste de rocas sedimentarias como lutitas intercaladas con capas de areniscas y calizas de edad Cretácica y rocas ígneas del terciario como basaltos y tobas. El origen de estos yacimientos fue a profundidad somera por soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión encajonándose en las lutitas y en ocasiones en las areniscas, la forma de las estructuras es tabular (vetas) con longitudes y profundidades de 2.50 a 3.00 m cerrándose en ocasiones y formando así clavos mineralizados de longitudes variables y profundidad somera.

La mena consiste de sulfato de bario, color blanco cremoso en ocasiones azulado, con hábito tabular, la ganga es cuarzo encontrándose en poca proporción, lo que nos indica alta pureza en los afloramientos conocidos. Se tienen 56 376 Ton. calculadas como reserva.

VI.11. DEPOSITOS DE SALMUERAS

Los depósitos de salmueras se encuentran distribuidos en la parte central del Estado de Puebla en las localidades de Oriental y Tepeyahualco. (fig. IV.10).

DEPOSITO DE ORIENTAL

El depósito de Oriental se localiza al E de Huamantla Tlax. y al SSE de Libres Pue. en las coordenadas 19°20' latitud norte y 97°40' longitud oeste.

La geología que presenta esta constituida por unidades de

composición andesítica de diversas texturas, como brechas volcánicas, tobas y derrames, a estas le sobreyacen tobas ácidas, lignimbritas y ceniza volcánica del terciario superior y cuaternario y por último se tiene material clástico del cuaternario.

La zona de Oriental se encuentra en una cuenca endorreica formada por oclusión volcánica terciaria, por lo que las salmueras se originaron por la acumulación de material volcánico, posteriormente este material se erosionó e intemperizó y se depositó en la cuenca y esta a su vez fue alimentada por flujos de aguas alcalinas llevándose a cabo una intensa evaporación, por lo que sucede una cristalización por evaporación de soluciones ascendentes por capilaridad.

Este yacimiento es producto de un proceso químico de concentración en cuerpos acuosos superficiales por evaporación de solventes.

En la región se tiene referencia de dos fundos que son San Salvador El Seco y Rancho Jalapaxquillo de los cuales se puede explotar sulfato de sodio y tequesquite (carbonato de sodio).

Este depósito es de tamaño mediano y la estructura que se presenta es en forma de capas.

DEPOSITO DE TEPEYAHUALCO

El depósito de Tepayahualco se localiza a 15 Km al NEE de Oriental, sobre la carretera Puebla-Jalapa en la orilla oriente de la laguna entre los poblados de Alchichica y El Limón, en las coordenadas 19°27' latitud norte y 97°28' longitud oeste. La geología y origen es similar al que se describió en el yacimiento de Oriental.

El material que se puede explotar es sulfato de sodio y carbonato de sodio, la capa de salmueras tiene dimensiones de 2.5 Km de largo, 2 Km de ancho y 8 m de espesor, la capa de salmueras está cubierta por una capa de sedimentos secos de 1 m de espesor. Este depósito se clasifica como de tamaño mediano y la estructura que se presenta son capas.

VI.12. YACIMIENTOS DE TALCO

Los yacimientos de talco se encuentran distribuidos principalmente al sur del Estado de Puebla. Las localidades más representativas están caracterizadas por Cuayuca, Acatlán, Santa Inés Ahuatempán, San Pedro Yeloixtlahuacán, San Pablo Amicano, Tecomatlán y Santiago Miahuatlán y en el norte de la zona de estudio en Tlatlauquitepec se tiene una localidad con manifestaciones de este mineral. (fig. IV.11).

La geología que se encuentran estos yacimientos se caracteriza por rocas metamórficas del Complejo Acatlán, que presenta una litología variada, ya que se tienen migmatitas, esquistos de biotita con intervalos de cuarcita, metagabro y esquistos pelíticos de la Formación Chazumba; así como por esquistos

y rocas pelítica, esquistos de talco, metapedernal y rocas magnesíferas pertenecientes a la Formación Tecomate que esta constituida por metareniscas, pelitas y semipelitas tobáceas, metalizas y metaconglomerados. Además se presentan rocas sedimentarias del cretácico como conglomerados, areniscas y calizas, mientras que para el terciario se tienen unidades sedimentarias cubiertas en algunas partes por rocas ígneas y sobrayaciendo a todo este paquete de rocas se tiene material de aluvión del cuaternario.

El origen del talco se debe a la presencia de rocas con alto contenido de olivino y piroxenos, que están contenidos en el Complejo Acatlán, posteriormente se llevo a cabo un intercambio iónico por la presencia de hidrotermalismo de edad terciaria. Este hidrotermalismo esta comprobado por la presencia de minerales de cuarzo en fracturas paralelas a la mineralización del talco.

Los yacimientos de Cuayuca estan caracterizados por las minas Esmeralda-Guayabo, Ciruelos y Cerro Gordo (Ramón Ibarra I y II).

La Esmeralda-Guayabo se localiza en las coordenadas 18°11' latitud norte y 97°59' longitud oeste a 12 Km de Acatlán, con minas que se explotan a cielo abierto, se han extraído 8 700 Ton. y se clasifica dentro de los yacimientos de tamaño pequeño.

El yacimiento Ciruelos se localiza en las coordenadas 18°04' latitud norte y 98°14' de longitud oeste y se encuentra a 1 Km al norte de Acatlán, el método que se utiliza para su explotación es por medio de zanjas y catas, se considera un yacimiento de tamaño pequeño.

El yacimiento de Cerro Gordo (Ramón Ibarra I y II) se localiza en las coordenadas 18°28' latitud norte y 98°10' longitud oeste, a 37 Km de Tehuiztzingo, su explotación se lleva a cabo por medio de un socavón 20 m a rumbo de veta. Se clasifica dentro de los yacimientos de tamaño pequeño.

Los yacimientos de Acatlán se caracterizan por dos fundos El de Acatlán y El Campeón.

El fundo de Acatlán se localiza en las coordenadas 18°13' latitud norte y 98°03' longitud oeste y el Fundo El Campeón se localiza en las coordenadas 18°10' latitud norte y 98°04' longitud oeste, estos yacimientos se clasifican de tamaño pequeño.

El Fundo de Tecomatlán se localiza en las coordenadas 18°06' latitud norte y 98°06' longitud oeste, este yacimiento es de tamaño pequeño.

El yacimiento de Santa Ines Ahuatempán se localiza en las coordenadas 18°27' latitud norte y 97°58' longitud oeste. Otros yacimientos que se encuentran en esta zona son los de Huamuchil de San Pedro Yeloixtlahuacán, el de Quiastepeque de San Pablo Amicano y el de Santiago Miahuatlán, que son de tamaño pequeño.

El yacimiento de Tlatauquitepec se localiza en las coordenadas 19°30' latitud norte y 97°29' longitud oeste sobre la carretera Libres-Teziutlán, este yacimiento es de tamaño pequeño.

VI.13. YACIMIENTOS DE CADLIN

Los yacimientos de caolín se encuentran distribuidos en dos zonas sur y centro. (fig. IV.12).

ZONA SUR

En esta zona se localizan los yacimientos de Petlalcingo y Tehuitzingo, que están constituidos geológicamente por tobas riolíticas, cenizas y vidrio volcánico del mioceno y pleistoceno y pertenecen a la cobertura Cenozoica del Terreno Mixteco.

El caolín se originó a fines del pleistoceno y cuaternario, por la meteorización de las rocas mencionadas que contienen un alto porcentaje de feldespato. Este mineral se forma a temperaturas superficiales por el efecto de la meteorización.

El yacimiento de Petlalcingo se localiza en las coordenadas 18°05' latitud norte y 97°55' longitud oeste, se tienen en esta zona las minas La Blanca y Tierra Blanca, la estructura que se observa son bancos de 4-5 m de espesor cubiertos por una capa de carbonato de calcio y en ocasiones se presenta rojiza por la presencia de óxidos de hierro. Este yacimiento se considera de tamaño pequeño.

El yacimiento de Tehuitzingo se localiza en las coordenadas 18°20' latitud norte y 98°16' longitud oeste, a la altura del Km 162 de la carretera Puebla-Oaxaca, el yacimiento característico de esta zona se conoce como Fundo El Mirador # 1, que tiene estructuras irregulares. El tamaño del yacimiento es pequeño.

ZONA CENTRO

En la zona centro se localizan los yacimientos de Panotla, Tlax. y Chignahuapán Pue. que están geológicamente constituidos por tobas, basaltos de olivino y riolitas del Cinturón Volcánico Transmexicano, estos yacimientos se originaron por hidrotermalismo de baja temperatura en el intervinieron procesos tanto de reemplazamiento como de relleno de cavidades. La edad de estos yacimientos se considera de principios del cuaternario y reciente.

El yacimiento de Chignahuapán se localiza cerca del pueblo de Cruz Colorada, a un lado de la carretera que va de Tulancingo a Apizaco en un lugar denominado La Cerca 17 Km antes de llegar a Zacatlán. Los afloramientos son de rocas riolíticas con grandes estados de alteración. Estos cuerpos son superficiales de 600 m de largo, en dirección SW-NE y 200 m de ancho, con 7.5 m de espesor.

El volumen de este yacimiento es de 50 m X 20 m X 7 m = 7 000 m³ lo que se considera como costoso. Esta zona no ha sido explorada en su totalidad, pero se calcula que existen 3 000 000 m³ este yacimiento se considera de tamaño mediano.

El yacimiento de Panotla se localiza en las coordenadas 19°23' latitud norte y 98°16' longitud oeste, presenta las mismas características del yacimiento de Chignahuapán en cuanto al emplazamiento y origen. Este es un yacimiento de tamaño pequeño.

VI.14. YACIMIENTOS DE CARBON

Los yacimientos de carbón se localizan en tres zonas principalmente, ya que están bien delimitadas, en el sur, centro y norte. (fig. IV.13).

VI.14.1. REGION CARBONIFERA DEL SUR

Estos yacimientos se distribuyen en Tecamatlán e Izúcar de Matamoros.

En esta franja están considerados los depósitos del sur-centro, como son Tecamatlán, Acatlán y Tepexi de Rodríguez y sur-oeste con Izúcar de Matamoros. La geología de esta región consta del basamento, que lo forman el Complejo Oaxaqueño y Complejo Acatlán, de edad Precámbrica y Paleozoica respectivamente, las rocas que se encuentran son cuarcitas y gneises para las más antiguas y las otras son rocas metamórficas de bajo grado, esquistos y rocas metasedimentarias, así como vetillas de talco, estas rocas que forman el basamento cubren en su totalidad el área y sobre ellas descansan rocas sedimentarias de edad Jurásica que pertenecen al Grupo Consuelo y Tecocoyunca, estos dos grupos fueron llamados por Cortes Obregón (1957) Formación Carbonífera Inferior y Superior que están constituidas por areniscas de grano fino y medio, con estratificación delgada y media, limolitas de estratificación delgada, lutitas y lodolitas negras, con vetas de carbón y lignito esto es para la primera, mientras que el Grupo Tecocoyunca comprende una serie de formaciones continentales y marinas y está constituida principalmente por areniscas de grano fino a medio, limolitas, gran cantidad de materia vegetal, lutitas carbonosas y mantos de carbón.

Los yacimientos que se encuentran en Tecamatlán, presentan las medidas de 5-10 cm de espesor, con buzamiento de 28° NE y rumbo de NW 75°, y otros de 50-70 cm de espesor, con buzamiento de 20° NW y rumbo de NE 75°, de acuerdo a esta información se consideran de tamaño pequeño. El tipo de carbón de esta localidad es lignito, presenta 23.55% de carbón fijo, además presenta bajo porcentaje de materia volátil y elevado contenido de cenizas. La principal localidad de Tecamatlán se encuentra en Barranca de la Minas y se estima un bloque de $480 \times 300 \times 1.5 \times 1.5 = 324\ 000$ Ton. humedas de carbón.

En Acatlán de Osorio las principales localidades que se tienen son Cañada del Toro, Rancho de Totola, Totoltepec, Tuzantlán, que contienen carbón del tipo bituminoso en su mayoría y en menor cantidad lignito.

En Tepexi de Rodríguez las principales localidades que se tienen son Peña de Ayuquila y Huehuetlán que contienen carbón de tipo bituminoso.

El yacimiento de Huejotzingo aunque no está localizado precisamente en el sur, presenta características muy similares a los depósitos que se encuentran en esta zona, las principales localidades que se tienen reportadas son San Martín Texmelucán y San José Zacatepec que contienen carbón de tipo lignito.

La franja sur-oeste se localiza cerca de Izúcar de Matamoros

y posiblemente tenga continuidad, con algunas localidades carboníferas que se encuentran en el Estado de Guerrero.

Las localidades principales de esta zona son Tejaluca, San Nicolas Tolentino, Ahuatlán, Barranca Limontla y Chiautla, que contienen carbón de tipo bituminosos y en menor cantidad turba.

VI.14.2. REGION CARBONIFERA DEL NORTE

Estos depósitos se aprecian en la parte norte de la zona de estudio, y dentro de los más representativos se menciona la parte NE que cuenta con los depósitos de Zautla, Zacapoaxtla, Ayotoxco y Chignahuapan, mientras que en la parte NW se tienen los yacimientos de Huauchinango y Honey.

Estos yacimientos se localizan en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y los límites con la Planicie Costera del Golfo de México.

En esta zona afloran rocas sedimentarias, lutitas de color gris claro que están intercaladas con areniscas, calizas de color gris oscuro con bandas de pedernal negro, pizarras arcillosas que en parte pasan a areniscas, margas, areniscas silicificadas en estas rocas es donde se ubican los mantos carboníferos, además se observan rocas ígneas intrusivas y extrusivas, las primeras están designadas por un intrusivo diorítico y la segunda por tobas y andesitas. La edad de estas rocas corresponde al Cretácico para las sedimentarias y las ígneas tienen edad del Terciario Medio al Superior.

Los depósitos de la zona NE como Zacapoaxtla, presenta mantos carboníferos con un espesor de 50-300 cm pero en algunas localidades llega a medir hasta 20 m otra forma de presentarse es en vetillas de pocos centímetros intercalados con pizarras endurecidas por cal o por sílice.

En Zautla existen horizontes carboníferos que tienen de 0.90 a 1.50 m y según muestreos realizados, se tiene carbón de tipo antracítico, y lignítico.

En Ayotoxco de Guerrero se tienen tres horizontes carboníferos principalmente, el primero consta de carbón fijo muy bajo, el segundo horizonte es carbón antracítico y el tercero es de carbón lignítico.

En Chignahuapan las localidades con carbón se caracterizan por Río Los Baños y La Barraca, estas contienen carbón de tipo antracítico.

Los yacimientos de la zona NW, como Huauchinango las principales localidades que se tienen son Cerro del Tambor, Pantepec y Jalpán que contienen carbón de tipo bituminoso y lignito.

En Honey las principales localidades que se tienen son Minas de Honey y San Miguel Acaxochitlán, que contienen carbón de tipo lignito.

VI.14.3. REGION CARBONIFERA DEL CENTRO

En esta franja se consideran los depósitos del Estado de

Tlaxcala, que comprende Panotla, San Tadeo Huiloapán, San Mateo Huexoyucán y San Francisco Temezontla, estos depósitos están constituidos con 72% de limo y arcilla y 10% de carbón.

Según las condiciones estratigráficas en esta región pueden existir horizontes de turba o lignito en depósitos lacustres terciarios de oclusión volcánica.

VI.15. DEPOSITOS DE CARBONATOS

Los depósitos de carbonatos se localizan en la parte sur y centro de la zona de estudio, siendo mas importantes los primeros. (fig. IV.14). Con respecto a los términos usados corrientemente, para los carbonatos se hace mención de que en algunas zonas se le dice mármol, a toda roca susceptible de corte y pulido, o rocas destinadas a fines ornamentales y que geológicamente es una caliza, esto es muy característico en Tepexi de Rodriguez.

VI.15.1. ZONA SUR

Dentro de la zona sur se encuentran los depósitos de Chiautla de Tapia, Izúcar de Matamoros, Tepeaca, Tepexi de Rodriguez y Puebla.

DEPOSITOS DE IZUCAR DE MATAMOROS, TEPEACA, TEPEXI DE RODRIGUEZ Y PUEBLA

Estos depósitos se encuentran en el sur de la zona de estudio y forman una gran franja de carbonatos.

La geología que se encuentra en esta zona consiste de un basamento de esquistos del Complejo Acatlán de edad Paleozoica y calizas del cretácico y en algunas zonas cubren a éstas calizas gruesos depósitos volcánicos como son tobas y basaltos terciarios.

En Izúcar de Matamoros se conocen varias localidades donde se tienen calizas, como son Tlapanala, La Galarza, Cerro Mecuayo, Cerro Teponaxtle, Cerro La Capilla y San Felix Riño, y según información consultada esta planeado utilizar este material para la fabricación de cemento.

En Tepeaca los depósitos se encuentran a 10 Km al NE15° de dicha población, y se tiene conocimiento de 9000 m³ de reservas positivas de calizas en dos horizontes que se extienden 150 m a rumbo con una altura de 30 m.

Las calizas reúnen características favorables de tipo industrial ya que es susceptible de explotarse en bloques de mas de 1 m³, ser cortado en laminas sin quebrarse, ser pulido y presentar una superficie tersa, además este depósito compite con los que se encuentran en explotación actualmente activos en Tepexi de Rodriguez y Chiautla.

La localidad de Tepexi de Rodriguez se localiza a 60 Km al SE30° de la Ciudad de Puebla. La geología consiste de mesas y terrazas de varios kilometros, sensiblemente horizontales que son

depósitos lacustres terciarios, hidroclásticos continentales de composición calcárea, margas, arcillas arenosas, arenas y conglomerados en estratificación.

Se supone que la erosión intensa y prolongada a principios del terciario, destruyó las calizas cretácicas y se originaron conglomerados polimicticos, los cuales constituyen el basamento de la sección lacustre terciaria.

Las planicies lacustres terciarias, emergen y dan origen a serranías constituidas de calizas cretácicas, en estas se encuentra el "Mármol Victoria".

El mármol travertino Tepexi, es una capa de calizas lacustres la cual se depositó en la parte superior o mas joven de la sección sedimentaria lacustre terciaria.

La zona donde se explota el material es conocida como "La Barranca de los Mármoles", el material que se encuentra es aprovechable como mármol, mármol travertino y pedacería, las reservas son de 65 000 m³ de bloques y 130 000 m³ de pedacería.

La localidad del Aguacate en el Municipio de Puebla se ubica a 20 Km al sur de la Ciudad de Puebla, en la ladera sur del vaso de la Presa M. Avila Camacho, la geología consiste de calizas marinas del cretácico cubierta parcialmente por gruesos depósitos volcánicos eruptivos del terciario.

Las reservas que se tienen calculadas son 10 000 millones de Ton. de roca caliza, que presentan una gran pureza, además se encuentra cercana a la Ciudad de Puebla.

DEPOSITO DE CHIAULTLA DE TAPIA

Este depósito de carbonatos se localiza 85 Km al SW30° de la Ciudad de Puebla. La geología esta constituida por el basamento de edad Paleozoica que son esquistos del Complejo Acatlán, calizas que pertenecen al cretácico inferior y rocas de edad terciaria como granodiorita, diques granodioríticos.

Los depósitos localizados en esta zona estan constituidos por mármol, que se origino por la acumulación de sedimentos carbonatados dando origen a las calizas del cretácico inferior, posteriormente en el terciario superior suceden eventos que están asociados al Cinturón Volcánico Transmexicano, originandose el mármol por metamorfismo de contacto, debido a las intrusiones granodioríticas en rocas calcáreas.

La forma de los cuerpos de mármol es en bloques e irregular, y son de dimensión variable.

Estos depósitos se consideran de buena calidad y se cuenta con reservas de 1 138 187 m³ de mármol blanco y 80 337 m³ de mármol gris, además se considera la posibilidad de incrementar el potencial mencionado.

VI.15.2. ZONA CENTRO

Dentro de la zona centro se localizan los depósitos de Tecocac, Tlaxcantitla y Calpulalpán, que pertenecen al Estado de Tlaxcala.

La geología que se presenta en la zona esta constituida en su mayoría por rocas de origen volcánico y lacustre de edad terciaria (tobas, andesitas y basaltos) y calizas de edad cretácica, las cuales son de color blanco y porosas.

VI.16. DEPOSITOS DE BENTONITA

Se tienen dos lineamientos de bentonita los cuales se encuentran en el centro y sur de la zona de estudio. (fig. IV.15).

VI.16.1. ZONA SUR

Los depósitos que se encuentran en el sur se caracterizan las localidades de Acatlán y Santa Ines Ahuatempan.

Esta zona se compone geológicamente por esquistos de edad Paleozoica y que constituyen el basamento, a este le sobreyacen areniscas y conglomerados, limolitas y areniscas de edad Terciaria, además en la parte superior de estas se tienen andesitas.

Las areniscas presentes en el área de estudio, son ricas en feldespatos, que bien puede asignarse el nombre de arcosas, y ha sufrido cambios debido a un metamorfismo hidrotermal, que es el motivo por lo que se origina la bentonita.

El depósito de Acatlán se encuentra a 26 Km de Amatitlán por el camino de terracería, cerca del pueblo de Guadalupe, en la falda W del Cerro Tinaja, los fondos que se tienen son La Palmolive, La Esponja y El Mirador #2.

VI.16.2. ZONA CENTRO

Los depósitos que se encuentran en el centro quedan enmarcados en el Estado de Tlaxcala y estan representados por las localidades de Tizatlán, Altzayanca de Hidalgo y Apizaco.

La geología de esta zona esta compuesta por rocas ígneas intermedias del cuaternario. En el plio-pleistoceno el Cinturón Volcánico Transmexicano se encontraba con gran actividad lo cual provoco que se depositaran cenizas volcánicas, posteriormente estas sufrieron meteorización para dar origen a la bentonita.

Este mineral aflora en grandes extensiones con gran volumen, y en la mayoría de los casos tienen facil acceso, en el área de Tizatlán se tienen otras localidades como La Huerta al sur de Tizatlán, El Caño al SW de Jesús Acatitla.

VI.17. DEPOSITOS SILICEOS

Los depósitos silíceos se encuentran distribuidos en dos zonas que son la centro y la sur. (fig. IV.16).

VI.17.1. ZONA CENTRO

La zona centro la forman los depósitos de Oriental, Ixtacamaxtitlán y Calpulalpán, y presenta rocas ígneas ácidas e intermedias del cuaternario.

Los depósitos de Oriental se sitúan en la cuenca cerrada de Oriental y esta limitada al E por una línea que une el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, al N y W se encuentra la Sierra de Tlaxco y el Volcán de La Malinche y al sur la Sierra de Pinal.

Las rocas volcánicas que se observan en esta zona son andesitas y sus asociados piroclásticos.

Estos se consideran yacimientos de tipo sedimentario lacustre. Las arenas cuarcíferas pertenecen al grupo de depósitos cuaternarios y se localizan al N de la cuenca cerca de la población de Oriental y del Cerro Pizarro, estas arenas tienen 80 m de espesor, otra localidad en esta zona es el Fundo San Miguel que se ubica a 45 Km de Oriental en el cruce de las carreteras de Puebla-Oriental y la de Veracruz, en la falda sur del Cerro Huayauतेpec y tiene 8 m de espesor, en la cuál se encuentra arena limpia con 1 m de espesor, otros fondos con menos importancia son la Cucaracha y Santa Rosa.

El Fundo de Ixtacamaxtitlán existe una geología compuesta por calizas y pizarras que son de edad Cretácica que están intrusadas por cuerpos ígneos de composición diorítica y granodiorítica, en la parte superior de estas se tienen tobas volcánicas del Terciario, horizontales, el mineral que caracteriza a este fundo es la calcedonia observada al NW del pueblo de Santa María y aquí se tienen dos cuerpos que son Santa Josefina y La Gloria, aunque estos cuerpos son pequeños, se consideran económicamente explotables.

El Fundo Calpulalpán esta compuesto por cenizas y tobas del plio-pleistoceno, de composición ácida, el material que se explota de este fundo es arena silicea, pómez, pumicita y tezontle, otras localidades que se pueden mencionar son Cerro Ostral cerca de Tlaxcala y Barranca de Cumula.

VI.17.2. ZONA SUR

Los depósitos que se localizan en el sur están distribuidos en Tehuitzingo, Xayacatlán y Ajalpán, la geología de las dos primeras esta constituida por el Complejo Acatlán como basamento, que es de edad Paleozoica, y de rocas de edad Terciaria como limolitas, conglomerados y areniscas, además rocas ígneas extrusivas intermedias del terciario superior.

El depósito de Tehuitzingo se localiza a 6.8 Km con rumbo NE46° en línea recta del pueblo. Existen dos fracturas paralelas que es donde se hospeda la calcedonia, esta zona no tiene obras mineras.

El depósito de Xayacatlán yace en la Formación Tehuacán de edad Eoceno-Oligoceno, la calcedonia se presenta en forma de relleno de cavidades, estos depósitos son de tamaño pequeño y presentan una orientación NNW-SEE.

En el Municipio de Ajalpán se tiene La Peñasquera que se localiza 15 Km al NE 50° de Ajalpán y la geología en que se

encuentra el mineral esta representado por la Formación Chivillas del cretácico inferior.

Existen tres grupos tabulares de cuarzo masivo, cuarzo beta, grava cuarzosa, arena vitrea, cuarzo-feldespato y perlita.

Las reservas probadas que se tienen en el creston SW son 23 470 Ton., creston NW 4 147 Ton. y el creston NE 1 599 Ton. por lo que se calcula que los tres crestones a 10 m de profundidad de extracción crítica suma 46 716 Ton.

VI.18. YACIMIENTOS DE YESO

Los yacimientos de yeso se distribuyen en la zona SW del Estado de Puebla y esta caracterizado por las localidades de Acatlán, Teotlalco, Izúcar de Matamoros. (fig. IV.17).

El yacimiento de Acatlán se localiza a 120 Km al SSE de la Ciudad de Puebla y geológicamente esta sobre el basamento constituido por esquistos de edad Paleozoica, pertenecientes al Complejo Acatlán y le sobreyacen rocas del Jurásico como calizas y lutitas; del cretácico se tienen calizas, lutitas, yesos, areniscas y conglomerados.

Los yesos se originaron debido a transgresiones y regresiones que sucedieron en el cretácico. Los yacimientos encontrados aquí son de tamaño mediano y se presentan en estratos y capas.

Los yacimientos de Teotlalco e Izúcar de Matamoros se localizan a 70 Km al SW de la Ciudad de Puebla y la geología esta constituida por rocas, lacustres, clásticas continentales, derrames basálticos y andesíticos. Las rocas en las que se encuentran los yesos son lacustres y esta representada por yesos intercalados con estratos arcillosos horizontales, además incluye limos, conglomerados, calizas, margas y pedernal. Los yesos se encuentran sobreyaciendo a rocas del Grupo Balsas.

Los depósitos de yeso se presentan en estratos y se clasifican como de tamaño mediano.

CAPITULO SIETE

CONCLUSIONES

I._ Los recursos minerales en la zona de estudio están, distribuidos principalmente en dos regiones que son la centro-norte y sur.

II._ En el presente trabajo se establecieron cinco épocas metalogénicas principales:

1) Paleozoico Superior que esta caracterizado por dos yacimientos, el primero de ellos, es un yacimiento vulcanosedimentario asociado a un ambiente de arco insular-mar marginal que comprende al yacimiento de Au, Ag (Pb, Zn, Cu) de Teziutlán; el segundo es el de Tehuiztzingo que está constituido por emplazamientos de cuerpos ultrabásicos con mineralizaciones de Cr, Ni y Co.

2) Jurásico-Cretácico formado por los depósitos de carbón y carbonatos.

3) Terciario Inferior (Oligoceno-Mioceno) esta representado por la generación de vetas hidrotermales y yacimientos de metasomatismo de contacto, como son los polimetálicos (Ag, Pb, Zn) Au, Cu; manganeso-hierro, Au-Ag, Sb, talco y barita.

4) Terciario Superior que se caracteriza por la formación de salmueras y yeso.

5) Reciente donde se generan los depósitos silíceos, y laterización de rocas volcánicas, produciendo anomalías de bauxita.

III._ La distribución espacial y temporal de los yacimientos minerales, sugiere una estrecha relación que obedece fundamentalmente a la distribución geográfica y composición química de las rocas del basamento, que define una caracterización composicional en los yacimientos de removilización, y a la actividad magmática, que puede constituir en si misma depósitos minerales o ser la fuente de energía del hidrotermalismo asociado.

IV._ Los lineamientos metálicos y no metálicos delimitados no presentan una gran extensión y en algunas regiones la continuidad de estos se pierde, por lo que algunas zonas se consideran como depósitos y otras como anomalías; en la mayoría de los casos los lineamientos se traslapan entre si y no siguen una dirección preferencial.

V._ La mayoría de las asociaciones mineralógicas importantes de la zona, están intimamente relacionadas al evento magmático que se desarrolló en el Oligoceno-Mioceno.

VI._ La región es practicamente virgen en la explotación minera, por lo que el contexto general de los yacimientos minerales que se contempla en las fichas bibliográficas, no es del todo completo, así mismo más del 95% de los yacimientos estudiados son pequeños, lo cual refleja que esta región desarrolla principalmente la pequeña minería, o bien que no existe potencial minero importante.

VII._ Solo puede comprenderse la existencia de yacimientos

minerales, si se les estudia en el contexto de geología regional, relacionándolos con las rocas encajonantes, las cuales encajonan a la veta.

VIII. Los yacimientos minerales proceden de una masa mineralizada, los cuales con efectos de hidrotermalismo, llevan a cabo una removilización de elementos y estos se depositan en estructuras favorables, como fallas y cavidades, los cuales dan lugar a diferentes tipos de yacimientos.

IX. El desarrollo de la minería en la zona de estudio, esta básicamente enfocada a los no metálicos como, talco, yeso, cuarzo, caolín, barita entre otros.

BIBLIOGRAFIA

AGUILERA, J. G., 1896. Bosquejo geológico de México. Bol. Inst. Geol. Mex. No. 4-6, 267 p.

AGUILERA, J. G., 1906. Excursión de Tehuacán a Zapotitlán y San Juan Raya. Congr. Geol. Internal. Libro-Guía 7, 27 p.

ALVAREZ, M. Jr., 1949. Unidades tectónicas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mex., 14, 1-19.

ANDERSON, T. H. y L. D. SILVER, 1971. Age of granulite metamorphic during the Oaxacan orogeny, México, Geol. Soc. Amer., abs. with Progr. 3, 492.

ANDERSON, T. H. y V. A. SCHMIDT, 1983. The evolution of Middle America and The Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during mesozoic time. Geol. Soc. Amer. Bull., 84, 941-966.

Archivo Técnico del Consejo de Recursos Minerales. Informes Geológico-Mineros de los Estados de Puebla y Tlaxcala. 92 Fichas.

BARCELO-DUARTE, J., 1978. Estratigrafía y petrografía detallada del área de Tehuacán-San Juan Raya. Estado de Puebla. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional.

BARRIENTOS, R. A.F., 1985. Estudio geológico regional de una porción de la Sierra Mazateca, Valle de Tehuacán y Sierra de Atzingo, ESIA. Tesis Profesional. IPN.

BLOOMFIELD, K., 1975. A late quaternary monogenetic field in Central Mexico. Geol. Rundschau, 64(2), 476-497.

BLOOMFIELD, K., VALASTRO, S., 1977. Late quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca volcano, Central Mexico: Overseas Geol. Miner. Resour., n. 46, 15 p.

BONET Y CARRILO, J., 1961. Sobre la llamada formación Paltoltecoya. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. Vol. XIII, No 7-8. p. 259-268.

BOSE, E., 1899. Geología de los alrededores de Orizaba; con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México. Inst. Geol. México. Bol. 13.

BUITRON, B. E., 1970. Equinoides del jurásico superior y del cretácico de Tlaxiaco, Oaxaca. Soc. Geol. Mexicana, Excursión México-Oaxaca, Libro-Guía, 154-163 p.

BURCKHARDT, C., 1927. Cefalopodos del jurásico medio de Oaxaca y

- Guerrero. Inst. Geol. México. Bol. 47, 106 p.
- BURCKHARDT, C., 1930. Etude srnthétique sur le mészozoique Mexicain. Soc. Paleont. Suisse, Mem 49-50, 280 p.
- CALDERON, G. A., 1956. Estratigrafía del mesozoico y tectónica del sur del Estado de Puebla; Presa Valsequillo, sifón de Huexotitlanapa y problemas hidrológicos de Puebla. XX Congr. Geol. Internal. libro guía de la excursión A-14, 9-27 p.
- CAMPA, M. F., 1984. The tectonostratigraphic map of Mexico. 27 th International Geologic Congress Memoirs, in Press.
- CAMPA, M. F. Y RAMIREZ J., 1979. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Serie técnico-científica de Univ. Auton. Guerrero. No. 1, 102 p.
- CAMPA, M. F. y P. J. CONEY., 1983. Tectono-stratigraphic terranes and mineral resources distributions in Mexico. Can. J. Earth Sci. 20, 1040-1051.
- CANTU CHAPA, A., 1967. El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Pue. in estratigrafía del Jurásico de Mazatepec Pue. (México) I.M.P. Sección Geología, Monografía No 1, 3-24 p.
- CANTU CHAPA, A., 1969. La serie huasteca (jurásico medio-superior) del centro-este de México. Revista I.M.P. (artículos técnicos).
- CARBALLIDO SANCHEZ, E.A. 1988. Petrología y relaciones geológicas de las rocas ultramáficas de Tehuiztzingo, Puebla. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- CARFANTAN, J. C., 1982. Evolución estructural del sureste de México; paleogeografía e historia tectónica de las zonas internas mesozoicas. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología. Revista. vol. 5, num. 2, p. 207-216.
- CARFANTAN, J. C., 1983. Les ensambles géologiques du mexique meridional. Evolution géodinamique durante le mesozóique et le cénozoique. Geofísica Internacional, V. 22, No. 1, 39-56.
- CARRASCO, M., 1980. Carta y provincias metalogénéticas del Estado de Durango. C.R.M.
- CARRASCO, V. B., 1978. Estratigrafía de unas lavas almoadilladas y rocas sedimentarias del Cretácico Inferior en Tehuacán Pue. Rev. Inst. Mex. Petról. Vol. X No 3 pp. 78-82.
- CARRILLO-BRAVO, J., 1965. Estudio de una parte del anticlinorio de Huayacocotla. Bol. de la Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros. 73-96.
- CLARCK, F.K., Y COLABORADORES, 1980. Magmatismo en el norte de

México en relación con los yacimientos metalíferos. Revista Geomimet, No.100. p.p. 49-71.

CLARCK F. K., DAMON, P., SHUTTER, S., SHAFFIGUILLAH, M., 1981. Age friends of igneous activity in relation to metallogenesis in southern cordillera.

CONEY, P.J., 1976. Plate tectonics and the Laramide Orogeny. New Mexico Geological Society, Special Publication. number 6, 5-10.

CONEY, P. J., 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con America del Norte, America del Sur y el Caribe. Rev. Inst. Mex. Petroleo, 15(1), 6-15.

CORONA-ESQUIVEL, R. J., 1981 (1983). Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, noreste del Estado de Guerrero. UNAM. Inst. Geología, Revista, 5, 17-24 p.

CRUZ NOCHEBUENA, E., 1991. Tectónica del noreste de México y yacimientos minerales asociados. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.

CSERNA, Z. DE., 1960. Orogenesis in time and space in Mexico. Geol. Rundsch., 50, 595-665.

CSERNA, Z. DE., 1967 (1970). Tectonic framework og southern Mexico and its bearing on the problem of continental drift. Bol. Soc. Geol. Mexicana, 30, 159-168.

CSERNA, Z. DE., 1970. Tectonics of northern Mexico (mesozoic sedimentation, magmatic activity and deformation in northern Mexico in: L. Secwaid y D. Sundeen (eds). Thr geologic framework of the Chihuahua tectonic belt. West Texas Geol. Soc. Publ. 59, 1488-1513 p.

CSERNA, Z. DE., 1979. Cuadro tectónico de la sedimentación y magmatismo en algunas regiones de México durante el mesozoico. Programas y resúmenes del V Simposium sobre la evolución tectónica de México. Inst. Geol. UNAM. 11-14.

CSERNA, Z. DE., ORTEGA-GUTIERREZ, F., y PALACIOS-NIETO, M., 1980. Reconocimiento geológico de la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla. Libro Guía de la excursión geológica a la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Guerrero y Puebla. III Reunión Nacional de Geotecnia y Geoterma 1-40.

CHARLESTON, S., 1980. Stratigraphy and tectonics of the Rio Santo Domingo area, State of Oaxaca, Mexico. 26 congrès Géologique International, (Paris) Resúmenes (abstracts), Vol. 1, sections. 1 a 5, 324 p.

DEMANT, A., 1976. Contribución a la definición de las diferentes fases volcánicas y tectónicas del Eje Neovolcánico Mexicano: Acapulco (México). Congr. Latinoamer. Geología, 3, resúmenes p.41 (resumen).

DEMANT, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Rev. del Inst. Geol. UNAM. V. 2. No. 2. 172-187.

DEMANT, A., 1979. Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico. Univ. Nal. Aut. México. Inst. Geología, Revista, Vol. 3, núm. 1 p. 39-57.

DEMANT, A., 1982. Interpretación geodinámica del vulcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología. Revista, vol. 5 num. 2 p. 217-222.

DEMANT, A., ROBIN, C., 1975. Las fases del vulcanismo en México; Una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el cretácico. Revista Inst. Geol. UNAM. 75(1), 70-83.

DEMANT, A., COLABORADORES, 1976. El Eje Neovolcánico: Acapulco (México), Cong. Latinoam. Geología, Libreto-Guía. 4, 38 p.

DUMBLE, E. T., 1918. Geology of the northern end of the Tampico embayment area: Proc. California Acad. Sci., Ser 4, p. 113-156.

ECHEVARRI, A., 1977. Mapa metalogénico del Estado de Sonora. Revista Geomimet, 2a, Epoca julio-agosto, No 88, C.R.M.

ENCISO DE LA VEGA, S., 1984. Una nueva localidad pérmica en México fechada con fusilínidos, porción meridional del Estado de Puebla. Soc. Geol. Mex. VII Convención Geológica Nacional, Resúmenes, 51-52 p.

ERBEN, H.K., 1956. Estratigrafía a lo largo de la carretera entre México, D.F. y Tlaxiaco, Oax., con particular referencia a ciertas áreas de los Estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. XX Congr. Geol. Internat. Excursión. A-12.

ERBEN, H.K. 1956. El Jurásico Medio y el Calloviano de México. XX Congreso Geológico Internacional. México, (Contribución al Congreso del Instituto de Geología de la UNAM) 140 p.

FERRUSQUIA-VILAFRANCA, I., 1970. Geología del área de Tamazulapán-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca. Soc. Geol. Mex. Excursión México-Oaxaca, Libro Guía, 97-119.

FERRUSQUIA-VILAFRANCA, I., 1976. Estudios geológico-paleontológicos en la región de la Mixteca. Parte 1; Geología del área de Tamazulapán-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México. UNAM, Inst. Geología. Bol. 97, 160 pp.

FLORES DE DIOS y BUITRON, B. E. 1982. Revisión y aportes de la estratigrafía de la montaña de Guerrero. Univ. Autón. Guerrero, Serie técnico-científica, 12, 28 p.

FLORES, T., 1951. Geología, génesis y condiciones estructurales de los yacimientos de fierro de México. Bol. Inst. Invest. Rec. Min., 29, 1-8.

FRIES, C. Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región meridional de México. Inst. Geología, Bol. 60, 236 p.

FRIES, C. Jr., 1966. Hoja Cuernavaca 14Q-H (8). Estado de Morelos, carta geológica de México, Inst. Geol. UNAM. Serie 1: 100 000. Mapa con texto.

FRIES, C. Jr., SCHMITTER, E., DAMON, P. E., y LIVINGSTON, D. E., 1962. Rocas precámbricas de edad grenvilliana de la parte central de Oaxaca en el sur de México. Univ. Nac. Auton. México, Inst. Geología, Bol., 64, 45-53 p.

FRIES, C. Jr., y RINCON, O. C., 1965. Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de Geocronometría. Bol. del Inst. de Geología, UNAM, No. 73, 57-133 p.

FRIES, C. y RINCON-ORTA, C., SOLORTIO-MUNGUÍA, SCHMITTER-VILLADA, E., Y CSERNA, Z. DE., 1970. Una edad radiométrica ordovícica del Tronco de Totoltepec, Estado de Puebla. Soc. Geol. Mex., Excursión México-Oaxaca, 164-166 p.

Fundación Alemana Para La Investigación Científica. 1973. Comunicaciones, Proyecto Puebla-Tlaxcala. 3 Revistas.

GASTIL, G. R., RODRIGUEZ TORRES, R., 1972. The reconstitutions of mesozoic California 24 th. Inf. Geol. Congress. Sec. 3, p. 217-229.

GASTIL, G. R., JENSKY, W., 1973. Evidence for strikeslip displacement beneath the Trans-Mexican Volcanic Belt. Stanford Univ. Publ. Geol. Sci., V. 13, 171-180.

GONZALEZ-ALVARADO, J., 1970. Informe geológico del área de Chilapa-Tlaxiaco, Oaxaca. PEMEX. Suptcia. de exploración, zona sur. IG75. No. 548, inedito.

GUNN, B.M., MOOSER, F., 1970. Geochemistry of the volcanics of Central Mexico. Bull. Volc. 34, p. 577-616.

GUTIERREZ, M.I., 1986. Análisis metalogénico del Estado de Sinaloa. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.

HALPERN, M. J., GUERRERO-GARCIA, J., RUIZ-CASTELLANOS, M., 1974. Rb-Sr dates of igneous and metamorphic rocks from southeastern central Mexico. Un Geofis. Mex Reunión Anual 1974, Resúmenes, 30-32 p.

HEIM, A., 1926. Notes on the jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental. México) Ecl. Geol. Helvetiae (1926). vol. XX. p. 81-87.

INEGI, 1987. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo cartográfico del Estado de Puebla.

INEGI, 1987. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo cartográfico del Estado de Tlaxcala.

LOPEZ-RAMOS, E., 1979. Geología de México. 2a., Edición. México, D.F., Edición Escolar, 3 volúmenes.

Mc. DOWELL, F.W., CLABAUGH, S.E., 1972. Edades potasio-argón de rocas volcánicas en la Sierra Madre Occidental al noreste de Mazatlán: Mazatlán. Soc. Geol. Mexicana Convención Nal. 2. Resúmenes, p. 182-185 (resumen)

MENA, R. E., 1960. El jurásico marino de la región de Córdoba. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. 12 (7-8), p. 243-252.

MENARD, H.D., 1955. Deformation of the northeastern pacific basin and the west coast of north America: Geol. Soc. America Bull., V. 66, p. 1149-1198.

MENCHACA DE LA FUENTE J., 1986. Análisis metalogénético del Estado de Baja California. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.

MONROY, M. G. y SOSA, A. A., 1984. Geología de la Sierra del Tenzo, Puebla, borde norte del terreno Mixteco. Bol. Soc. Geol. Mex., Bol. 45, 43-71 p.

MOOSER, F., 1961. Los volcanes de Colima: Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología, Bol. 61, p. 49-71

MOOSER, F., 1969. The Mexican volcanic belt-structure and development. formation of fractures by differential crustal heating: México, D.F., Pan-Am. Symp. on the Upper Mantle (1968) pte. 2. p. 15-22.

MOOSER, F., 1972. El Eje Neovolcánico Mexicano debilidad cortical prepaleozoica reactivada en el terciario. Memoria de la II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana. Mazatlán, Sin. 186-187.

MOOSER, F., 1975. Historia geológica de la cuenca de México. In

- memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal, Tomo I. DDF. 7-38.
- MOOSER F. y MALDONADO-KOERDELL., 1961. Tectónica penecontemporánea a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico: Geofis. Internal., V. 1, p. 3-20.
- MORAN-ZENTENO, D. J., 1984. Geología de la República Mexicana. INEGI-Facultad de Ingeniería. (UNAM).
- MORAN-ZENTENO, D. J., 1986. Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. Geofis. Inter., 25, 9-37.
- MORAN-ZENTENO, D. J., 1987. Paleogeografía y paleomagnetismo pre-cenozoico del Terreno Mixteco. Fac. Ciencias, Tesis de Maestría, UNAM. (inedito).
- MORAN-ZENTENO, D.J., URRUTIA-FUCUGAUCHI J., BOHNEL, H., GONZALEZ TORRES, E., 1988. Paleomagnetismo de rocas Jurásicas del norte de Oaxaca y sus implicaciones tectónicas. Revis. Geofis. Int. Vol. 27-4, p.p. 485-518.
- MUIR, J.M., 1936. Geology of the Tampico region: Tulsa, Am. Assoc. Petroleum. Geologists.
- MUJICA, M.R., 1978. Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del prospecto Teotitlán del Camino, Oaxaca. C-1069 IMP. inedito.
- NEGENDANK, J. F. W., 1972. Volcanics of the valley of Mexico. N.Jb. Miner. Abh., 116, 308-320.
- MÚÑEZ, M.A., TORRES, R.V., 1984. Análisis metalogénico regional de la porción suroccidental de la República Mexicana. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.
- OCHOTERENA, H., 1966. Amonitas del jurásico medio de México, Paleontología Mexicana 23, 18 p.
- ORTEGA GUTIERREZ, F., 1975. The pre-mesozoic geology of the Acatlan area, south Mexico. The University of leeds, Ph. D. Thesis.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1978a. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. UNAM, Inst. Geología, Revista, vol. 2. No. 2, 112-131 p.
- ORTEGA GUTIERREZ, F., 1978b. Notas sobre la geología del área entre Santa Cruz y Ayuquila, Estados de Puebla y Oaxaca. UNAM. Paleontología Mexicana, 44, 17-26 p.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1981. Metamorphic belts of southern Mexico

and their tectonic significance. Geof. Int. 20(3) 177-202.

ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1984. La evolución tectónica pre-misisípica del sur de México. UNAM. Inst. Geol. Revista, Vol. 5, No. 2, 140-157 p.

PACHECO, G. C., y ORTIZ, U. A., 1983. Estudio tectónico estructural de Tehuacán-Córdoba. C-1161. IMP. inedito.

PADILLA y SANCHEZ R., 1982. Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares-Conc. del Oro, Saltillo-Monterrey. Thesis; Austin, Texas. 1982.

PANO, A. A., 1973. Estudio geológico de detalle estratigráfico de las áreas Sierra de Chivillas, Sierra Miahuatpec, Los Reyes Metzontla, Puebla. y San Sebastian Frontera Oaxaca. del prospecto de tehuacán. IGPR. 107, PEMEX, inedito.

PANO, A. A., y ALZAGA, R. H., 1989. Origen de la Formación Chivillas y presencia del jurásico tardío en la región de Tehuacán, Pue., Mex. Rev. Inst. Mexicano Petrol. vol. XXI, No 1.

PANTOJA-ALOR, J., 1970. Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centro-septentrional de Oaxaca. Soc. Geol. Mex., Libro Guía de la excursión México-Oaxaca, 67-84 p.

PANTOJA, A., and ROBINSON R., 1967. Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca. Science 157.

PEREZ-IBARGUENGOITIA, J. M., HOKUTO-CASTILLO, A., y CSERNA, Z. DE., 1965. Reconocimiento geológico del área Petlalcingo- Santa Cruz, Municipio de Acatlán, Estado de Puebla. UNAM. Inst. Geol. Paleontología Mexicana, 21, 22 p.

PILGER, R. H. Jr., 1978. A closed Gulf of Mexico, pre-atlantic ocean plate reconstruction and early rifth history of the gulf and north Atlantic. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions.

RAISZ, E., 1959. Lands forms of Mexico (mapa), Cambridge, MASS.

RAMIREZ, J., 1984. La acreción de los Terrenos Mixteco y Oaxaca durante el cretácico inferior. Sierra Madre del Sur de México. Bol. Soc. Geol. Mex. 45, 7-20.

ROBIN, C., 1975. Las series volcánicas de la Sierra Madre Oriental (basaltos e ignimbritas). Descripción y caracteres químicos. Inst. Geol. UNAM. Rev. 2, 13-42.

RODRIGUEZ-TORRES, R., 1970. Geología metamórfica de Acatlán, Edo. de Puebla. Soc. Geol. Mex. Libreto-Guía. Excursión México-Oaxaca. 51-54 p.

- RUIZ-CASTELLANOS, M., 1979. Rubidium-Strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlan metamorphic areas of southern Mexico. Ph. D. Dissertation, the University of Texas at Dallas, 178 p.
- SALAS, G. P., 1949. Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet., 1(2), 79-156 p.
- SALAS, G. P., 1975. Mapa metalogénico de la República Mexicana. C.R.M.
- SALINAS-PIETO, J. C., 1984. Los límites tectónicos sur y occidental del Terreno Mixteco. Soc. Geol. Mex. Bol. 45, 73-86.
- SCHLAEFFER, C. J., 1970. Geología Terciaria del área de Yanhuitlán, Nochixtlán, Oaxaca. Soc. Geol. Mex. Libro-Guia de la Excursión México-Oaxaca, 85-96 p.
- SCHULZE, C., 1986. Análisis metalogénico del Estado de Oaxaca. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.
- SEGESTROM, K., 1962. Geology of south-central Hidalgo and northeastern, Mexico. Mexico. Geol. Surv. Bull., 1104-c, 162p.
- SEMINARIO INTERNO DE EXPLORACION VIII. 1980. Informe geológico, geoquímico de la zona aurífera de los Municipios de Cuyoaco y Zautla, Puebla.
- SILVA-PINEDA, A., 1970. Plantas del pensilvánico de la región de Tehuacán, Puebla. UNAM. Paleontología Mexicana, 29, 109 p.
- SILVER L. T., y ANDERSON, T. H., 1974. Possible left-lateral early to middle mesozoic disruption of the southwestern north America Craton margin (abstract). Geol. Soc. Am. abs. prog. 6, 196-214.
- SOLIS-MUÑOZ, H.T., 1978. Exploración minera en el cuerpo serpentizado Tehuiztingo, Mpio. Tehuiztingo, Puebla. VII Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera. Informe Técnico C.R.M.. inedito.
- TARDY, M., 1980. La transversal de Guatemala y la Sierra Madre de México. In Aubovin, J. BRAUSSE, R. y LEHMAN J. 1980. Tratado de Geología tomo III. Tectónica y Tectonofísica y Morfología David Serrat, trad. Barcelona, España, Ed. Omega. 117-182.
- TARDY, M., Y COLABORADORES, 1975. Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental. La aloctonia del conjunto Cadena Alta-Altiplano Central entre Torreón, Coah. y S.L.P. Revista Inst. Geología. p.p. 1-11.
- THORPE, R.S, y FRANCIS, P.W., 1975. Volcan Ceboruco a major composite volcano of the Mexican volcanic belt: Bull. Volcanol. V.39, p. 201-213.

- TORIZ, G. J., 1984. Informe geológico de actualización geológica del prospecto Chapulco Atzompa. IGPR 237. PEMEX. inedito.
- TORRES RODRIGUEZ, V., 1989. Carta de recursos energeticos de México. Tesis de Maestria. UNAM. inedito.
- TORRES-RODRIGUEZ, V., MARTINEZ-SERRANO, R., y SILVA-MORA, L., 1988. Interpretación de las características geoquímicas de la parte Oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. Geotermia 4, 139-194.
- TORRES-RODRIGUEZ, V., MARTINEZ-SERRANO, R., GONZALEZ-HUESCA, S., Y MARTINON, H., 1989. El limite oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. Litosfera 1(2).
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., CASTILLO L. DEL., 1977. Un modelo del Eje Volcánico Mexicano. Bol. de la Soc. Geol. Mex., V. 38, 18-28.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., 1984. On the tectonic evolution of Mexico; paleomagnetic constraints. Plate reconstruction from paleozoic paleomagnetism. Am. Geophys Un., Geodynam. Ser. 12, 29-47.
- VAZQUEZ-ECHEVERRIA, A., 1986. Descubrimiento de una nueva localidad de rocas marinas del paleozoico al suroeste del Estado de Puebla. Petroleos Mexicanos. (inédito).
- VAZQUEZ, T. R., 1990. Análisis metalogénico del Estado de Zacatecas. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. UNAM.
- VELEZ, S. D., 1990. La cuenca de Guerrero: un ejemplo de deformación por transcurrancia en el sur de México. Rev. Ingeniería Petrolera.
- VINIEGRA O. F., 1965. Geología del Macizo de Teziutlán y la cuenca cenozoica de Veracruz. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. 17(7-12) 101-163.
- VINIEGRA, O. F., 1966. Paleogeografía y tectónica de la Provincia de la Sierra Madre y Macizo de Teziutlán. México. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. 18. (7-8). pp. 145-171.
- WALPER, J. L., 1980. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico in: R. H. PILGER (ed) The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of central North Atlantic. Proceeding of a Symposium at Louisiana State. University, Baton Rouge, Louisiana, 87-98.
- WHITTINGTON, H. B., and HUGES., 1974. Geography and faunal provinces in the tremadoe. Epoch. Soc. Econ. Paleon. and mineral Spec. Publ. 21.
- WIELAND, G. R., 1913. The liassic flora of the Mixteca Alta of Mexico, its composition, age and source. Amer. Jour. Sci., 36.

251-281 p.

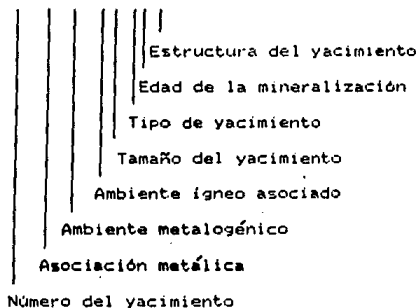
WING MORALES, E., 1987. La exploración por bauxita en México.
C.R.M.

ANEXOS

NOMENCLATURA METALOGENETICA

Ejemplo:

PUEB038-08d1348C13701



El ejemplo representa:

- Número del yacimiento	PUEB038
- Asociación metálica	08d
- Ambiente metalogénico	13
- Ambiente ígneo asociado	48
- Tamaño del yacimiento	C
- Tipo de yacimiento	13
- Edad de la mineralización	7
- Estructura del yacimiento	01

SÍMBOLOS Y LEYENDA METALOGENÉTICA

1.- NÚMERO DEL YACIMIENTO

Esta designado por las primeras letras de la zona de estudio y un número consecutivo asignado.

2.- ASOCIACION METALICA

Se define por el color indicado, según los grupos metálicos.

COLOR	a	b	c	d	e
1.- ROJO BERMELLON (921)	W	Sn	Be	Nb, Ta	Li
2.- LACA CARMIN (925)	Fe	Ti	FeTi (IV)	Fe(Mn)Cu	P
3.- NARANJA (918)	Cu	Mo	Cu Mo	CuZn(Ag)	CuAu(Ag)
4.- AMARILLO CANARIO (916)	Au	Au Cu	Au Ag	Ag Pb Zn (Au Cu)	Ag Co
5.- VERDE PASTO (909)	Cr	Ni	Co	CuNi(Co)	Asbesto
6.- VERDE ESMERALDA (910)	Ca	Na	K	Mg	B
7.- AZUL PERMANENTE (903)	Pb	Zn	PbZn	PbZnAg (AuCu)	—
8.- PURPURA (931)	Hg	Sb	F	Ba	Sr
9.- OCRE TOSTADO (943)	U	V	U V	Th	U Th
10.- CAFE OSCURO (948)	Mn	Al	Grupo Cianita	Pirafilita	Talco
11.- NEGRO (935)	S	Fe S	Tierras Raras	Carbón	Grafito
16.- GRIS OSCURO (936)	Caolin	Bentonita	Arenas Silíceas	Diatomita	K Feldespato
17.- AZUL ULTRAMARINO (902)	Calcita (Optica)	Tierra de Fuller	Yeso		

3.- AMBIENTE METALOGENICO

No esta representado gráficamente ya que lo está implícitamente con la base geológica-estructural.

NOMENCLATURA MODIFICADA (1984)

- 00 Desconocido
- 01 Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcánicos.
- 03 Rocas continentales post-orogénicas.
- 05 Dominio arco insular-mar marginal.
- 07 Arco magmático continental (ambiente subvolcánico e hidrotermal).
- 13 Arco magmático continental emplazado en rocas calcáreas.
- 35 Arco magmático continental emplazado en secuencias volcánico-sedimentarias en ocasiones metamorfozadas.
- 37 Rocas de recubrimiento de plataforma incluyen planicies costeras.
- 57 Zona de expansión oceánica.
- 71 Arco magmático continental emplazado en rocas sedimentarias tipo flysch.

4.- AMBIENTE IGNEO ASOCIADO

No esta representado gráficamente, ya que lo está implícitamente con la base geológica-estructural, por su cercanía con afloramientos de rocas ígneas.

NOMENCLATURA MODIFICADA (1984)

- 00 Desconocida
- 02 Rocas alcalinas
- 04 Igneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, tonalita, etc.)
- 06 Igneo intrusivo básico (gabro, diabasa, etc.)
- 08 Rocas ultrabásicas y secuencias ofiliticas(peridotitas, etc.)
- 24 Volcánico continental ácido (riolitas)
- 26 Volcánico marino intermedio a ácido
- 46 Igneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita, etc.)
- 48 Volcánico continental intermedio (andesitas, etc.)
- 68 Anortosita
- 28 Sin relación ígnea

5.- TAMAÑO DEL YACIMIENTO

Representado por el tamaño relativo de un círculo exterior, al símbolo central.

A GRANDE



B MEDIANO



C PEQUEÑO

D ANOMALIA

E DESCONOCIDO



Sin círculo exterior

6.- TIPO DE YACIMIENTO

No está representado gráficamente.

NOMENCLATURA MODIFICADA (1984)

- 00 Desconocido
- 01 Yacimientos pegmatíticos
- 02 Yacimientos sedimentarios quimicos
- 03 Yacimientos metamórficos de contacto
- 04 Sedimentarios mecánicos
- 05 Bioquimicos
- 06 Evaporitas
- 07 Metamorfismo regional
- 09 Residuales y oxidación
- 10 Yacimientos volcano-sedimentarios
- 11 Concentración magmática
- 12 Yacimientos hidrotermales de alta temperatura
- 13 Yacimientos hidrotermales de mediana temperatura
- 14 Yacimientos hidrotermales de baja temperatura
- 15 Yacimientos paleo-kársticos
- 16 Pórfidos de cobre, molibdeno y oro

Solo se señalaran las anomalías geotérmicas, con el siguiente símbolo.



7.- EDAD DE LA MINERALIZACION

No esta representada gráficamente.

NOMENCLATURA MODIFICADA (1984)

- 0 Desconocida
- 1 Precámbrico
- 2 Paleozoico
- 3 Triásico
- 4 Jurásico
- 5 Cretácico Inferior
- 6 Cretácico Superior
- 7 Terciario Inferior
- 8 Terciario Superior
- 9 Cuaternario

8. • ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO

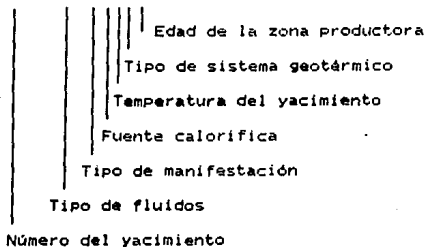
Esta designada por el simbolo central.

00	Desconocida	?
01	Vetas	—
02	Diseminados y porfidos	△
03	Stockwork	✱
04	Schlieren	⊞
05	Macizos y troncos	△
06	Lentes y capas	—
07	Chimeneas	○
08	Placer	∩
09	Irregular	◇
10	Anomalia geoquimica	A
11	Anomalia geofisica	A

9.- GEOTERMIA

Ejemplo:

PUE10418b154C36



El ejemplo representa:

-Número del yacimiento	PUE104
-Tipo de fluidos	18b
-Tipo de manifestación	15
-Fuente calorífica	4
-Temperatura del yacimiento	C
-Tipo de sistema geotérmico	3
-Edad de la zona productora	6

9.1.- NUMERO DEL YACIMIENTO

Esta designada por las primeras letras de la zona de estudio y un numero consecutivo asignado.

9.2.- TIPO DE FLUIDOS

Se define por la naturaleza quimica de los fluidos, y no esta representado gráficamente.

CODIGO	a	b	c	d	e
18	18a	18b	18c	18d	18e
19	19a	19b	19c		

Aguas Sódico-Cloruradas	18a
Aguas Sódico-Bicarbonatadas	18b
Aguas Sódico-Sulfatadas	18c
Aguas Magnesianas	18d
Aguas Calcico-Sulfatadas	18e
Aguas Sulfatadas	19a
Aguas Bicarbonatadas	19b
No Determinadas	19c

9.3.- TIPO DE MANIFESTACION

Esta representada gráficamente por el símbolo.

Existen diferentes tipos de manifestaciones termales superficiales, las mas frecuentes son las siguientes.

01 Descarga difusa: suelos calientes a temperaturas menores de 30°C, suelos vaporizantes a temperaturas mayores de 30°C, acantilados vaporizantes y albercas calientes.

03 Descarga directa o concentrada: manantiales tibios (temp. menor a 50°C), manantiales calientes (temp. mayor a 50°C).

05 Descarga intermitente: géiseres

07 Descarga catastrófica: erupciones hidrotérmicas.

13 Pozo: aprovechamiento de aguas subterráneas y pozos geotérmicos.

15 Manantial.

17 Volcán de lodo.

35 No determinada.

53 Fumarolas: descargas de vapor.

57 Código libre.

9.4.- FUENTE CALORIFICA

No esta representado gráficamente.

02 Intrusivo: rocas ígneas plutónicas en proceso de enfriamiento.

04 Subvolcánico (calderas): actividad ígnea reciente asociada a vulcanismo y sus productos de enfriamiento.

06 Vulcanismo reciente: anomalías térmicas asociadas a volcanes de reciente erupción.

08 Desconocida.

24 Gradiente geotérmico anómalo: anomalías termales sin aparente relación ígnea.

9.5.- TEMPERATURA DEL YACIMIENTO

Se define por el color según el rango de temperatura.

- A Menor de 50°C ----- Amarillo
- B 50°C-100°C ----- Rosa
- C 100°C-200°C ----- Ocre
- D 200°C-300°C ----- Naranja
- E Mayor de 300°C ----- Rojo
- F Desconocida ----- Azul

9.6.- TIPO DE SISTEMA GEOTERMICO

No está representado gráficamente, y se clasifican de acuerdo a los siguientes parámetros.

- Naturaleza del fluido dominante
- Concentración de componentes químicos
- Componente dominante en la fase gaseosa
- Entalpía del fluido
- Descarga superficial del calor
- Naturaleza de las rocas encajonantes y su permeabilidad
- Naturaleza de la fuente de calor

Con base en estos parámetros los sistemas geotérmicos se clasifican en:

- 01 Manantial tibio
- 02 Sistemas geotérmicos geopresurizados
- 03 Manantial caliente
- 04 Sistema de agua caliente
- 05 Sistemas de salmueras
- 06 Sistemas de vapor dominante
- 07 Sistema de vapor seco
- 08 Desconocido
- 09 Sistemas híbridos, caso límite entre sistema volcánico y uno hidrotermal

9.7.- EDAD DE LA ZONA PRODUCTORA

No esta representada gráficamente, mientras que para la nomenclatura se tienen las siguientes edades.

- 0 Desconocida
- 1 Precámbrico
- 2 Paleozoico
- 3 Triásico
- 4 Jurásico
- 5 Cretácico Inferior
- 6 Cretácico Superior
- 7 Terciario Inferior
- 8 Terciario Superior
- 9 Cuaternario

CARTA *MAGNÉTICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (MAYAN, 1991)

NUM. MUN.	LONG.	LAT.	UTM-X	UTM-Y	ELEV. MDS	NOMBRE DEL FACILITAMENTO	MUNICIPIO
001 001	98.1700	18.2000	2027091	575727	1200	PUEB SERPENTINAS DE TROTUITLINGO	TROTUITLINGO
002 002	98.1000	18.3000	2005525	573094	1200	PUEB LA SUERTA	ANAYUAN
003 003	98.1000	18.2000	2027144	580055	1200	PUEB FACILITAMENTO DE BARITA EN TPOCATLAN	TPOCATLAN
004 004	98.2100	18.0200	1993076	560739	1250	PUEB NEW YORK	TPOCATLAN
005 005	97.3500	18.5000	2200900	600290	2000	PUEB FACILITAMENTOS DE CARBON EN XACAPAXTLA	XACAPAXTLA
006 006	98.2000	18.3313	2051014	561969	1300	PUEB LA PROVIDENCIA	ISUCAR DE NATANOROS
007 007	97.2000	18.4500	2104545	676637	2000	PUEB FACILITAMENTOS DE TROTUITLAN	TROTUITLAN
008 008	98.3000	18.2300	2032520	565539	1250	PUEB BAJO SAN MIGUEL CHIAUTLA	CHIAUTLA DE TAPIA
009 009	97.2001	18.1000	2010323	600971	2000	PUEB FACILITAMENTOS DE CALTEPEC	TROTUITLAN
010 010	97.2000	18.2700	2151209	600961	2000	PUEB LAGUNA DE TROTUITLANCO	TROTUITLANCO
011 011	97.3500	18.2500	2104704	600743	2000	PUEB YAC. AREA CUARICAPERA CUCARACHA-STA.ROSA-MIGUEL	ORIENTAL
012 012	98.1000	18.4000	2071602	587050	1500	PUEB SANTA MARINA	ISUCAR DE NATANOROS
013 013	98.2700	18.4000	2071206	587000	1600	PUEB SAN CRISTOPAL	ACATLAN
014 014	98.0900	18.1000	2000711	589702	1200	PUEB LA PALMOLIVA	TROTUITLINGO
015 015	98.1600	18.2000	2021000	577400	1400	PUEB MIRADOR A 1	CHICHAUAPAN
016 016	98.1000	18.5200	2156011	587247	2500	PUEB TEMA DE ALIQUITAS DE CRUZ COLORADA	TLATLAQUILTEPEC
017 017	97.3100	18.5200	2197279	655310	3500	PUEB CARRISERA LIBRES-TROTUITLAN	TROTUITLANCO
018 018	98.0000	20.3500	2233239	604404	1200	PUEB MENAN ALIQUITAS MENACA	TROTUITLANCO
019 019	98.0100	18.3500	2056729	603746	1300	PUEB LETY ANGELICA	ISUCAR DE NATANOROS
020 020	97.5900	18.1100	2010045	607521	1500	PUEB BARRAQUERA-GUAYANO	CUATUCA
021 021	98.1000	18.0000	1997609	581332	1500	PUEB CIRIACOS	CUATUCA
022 022	97.5500	18.3500	2056496	610700	1000	PUEB YAC. DE MARMOL EN TREPPE DE RODRIGUEZ	TREPPE DE RODRIGUEZ
023 023	97.6000	18.2000	2130122	600963	2000	PUEB SALES DE ORIENTAL	ORIENTAL
024 024	97.5700	18.5500	2202071	600039	2000	PUEB PIRERO EN TLAHUATLAPA	ISUCAR DE NATANOROS
025 025	97.3100	18.1900	2025736	656763	1900	PUEB REYES REQUENA	ISUCAR DE NATANOROS
026 026	97.1000	18.2300	2033302	606692	1500	PUEB LA PRASQUERA	ALZAPAL
027 027	97.2230	18.3400	2050272	611747	2000	PUEB LA MONITA	TROTUITLANCO
028 028	98.2700	18.4000	2071206	587000	1600	PUEB FACILITAMENTO DE POSFATO	ISUCAR DE NATANOROS
029 029	98.4900	18.2200	2030600	519367	1600	PUEB FACILITAMENTOS DE TLAXCINGO	TROTUITLANCO
030 030	98.4520	18.2200	2030600	519367	1600	PUEB CUMBILOTE O PALO SANTO	TROTUITLANCO
031 031	98.4900	18.2200	2030600	519367	1600	PUEB PROVIDENCIA # 2	TROTUITLANCO
032 032	98.4900	18.2200	2030600	519367	1600	PUEB AURORA	TROTUITLANCO
033 033	98.2200	18.0700	2003007	567004	1100	PUEB REGION CARBONIFERA DE TPOCATLAN	TPOCATLAN
034 034	98.2300	18.2700	2030961	565716	1300	PUEB EL SOCORRO (NUEVO RESFUGIO)	ISUCAR DE NATANOROS
035 035	98.0500	18.1900	2010270	596926	1600	PUEB FACILITAMENTOS DE TALCO EN ACATLAN	ACATLAN
036 036	97.5500	20.0100	2213500	613317	2000	PUEB PUNCO LAS AMERICAS	CHICHAUAPAN
037 037	97.0500	18.5000	2193332	630903	2200	PUEB DISTRITO MINERO DE LA CAMACA	TETELA DE OCAMPO
038 038	97.0200	18.5900	2213692	632096	2200	PUEB DEPOSITOS DE BARITA EN SOMOSOTLA	SOMOSOTLA
039 039	97.1600	18.4000	2102770	601043	2000	PUEB TONAL CARBONIFERAS EN SAUTLA	SAUTLA
040 040	97.2000	20.0000	2221276	656041	500	PUEB TONAL DE CARBON EN NATATEPEC	ATOTCO DE GUERRERO
041 041	97.4000	18.6000	2151053	639776	2600	PUEB DEPOSITOS MINERO-CUPLIPEMOS DE SAUTLA	SAUTLA
042 042	97.2210	18.3730	2170409	613162	2000	PUEB FACILITAMENTOS DE CRO EN CUATOCO	CUATOCO
043 043	98.1200	18.5900	2007431	584206	2000	PUEB EL AGRICATO	PUEBLA
044 044	97.1000	18.0000	2193332	630903	2000	PUEB FACILITAMENTOS DE TETELA DE OCAMPO	TETELA DE OCAMPO
045 045	98.0000	18.1500	2010012	605710	1600	PUEB JOLALPAM	ACATLAN
046 046	98.2900	18.3600	2056526	565000	1300	PUEB FACILITAMENTO DE CALIFAS EN ISUCAR DE NATANOROS	ISUCAR DE NATANOROS
047 047	97.5500	18.0300	1999021	614637	1600	PUEB PUNCO LA BLANCA	PETLALCINGO
048 048	98.4000	18.0200	1992704	635201	1200	PUEB PUNCO MINERO DE CERRO DE DOLORES	ISUCAR DE NATANOROS
049 049	97.4900	18.3600	2167510	626101	2600	PUEB CALCEDONIA EN ITZACARATITLAN	ITZACARATITLAN
050 050	98.1375	18.2250	2037359	581109	1200	PUEB TENCALAPA	TROTUITLINGO

CARTA METALOGENICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (CATTAN, 1991)

NÚM. C O D I G O	ASOCIACION METALICA	AMBIENTE METALOGENICO
001 05A3500C1289	Cromo	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias.
002 03D0704C13701	Cobre, Oro, Plata	Arco magmatico continental (ambiente subvolcanico e hidrotermal)
003 00D1340C13701	Bario	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas
004 00D1340C13701	Bario	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas.
005 11D0120095506	Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
006 03D0704C13701	Cobre, Oro, (Plata)	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
007 04D3540C18206	Plata, Plomo, Zinc, (Oro, Cobre)	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
008 06A1810033006	Celcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
009 01D0704014701	Plomo, Zinc, Plata, (Oro, Cobre)	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
010 06B0724014000	Sodio	Arco magmatico continental, ambiente sub-volcanico (hidrotermal)
011 16C0140C04906	Arenas cuarcifera	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
012 00D1340C13701	Bario	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
013 00D1340C13701	Bario	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas
014 16C0740C13709	Bentonita	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
015 16A0124C14709	Caolín	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
016 16A0724014706	Caolín	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
017 14B3500C09709	Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias.
018 10D340C09700	Alumino	Continental post-orogénico
019 04B1304C13706	Oro, Cobre	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas
020 14B3500C07701	Talco	Arco magmatico continental emplazado en secuencias volcanosedimentaria
021 14B3500C07701	Talco	Arco magmatico continental emplazado en secuencias volcanosedimentaria
022 06A1810033006	Celcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
023 06B0724014000	Sodio	Arco magmatico continental, ambiente sub-volcanico (hidrotermal)
024 02D0740C1602	Hierro	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
025 02D0740C13701	PIERRO MANGANESO Y COBRE	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
026 16C0324C04701	Arenas siliceas	Continental post-orogénico
027 04D0740C13701	Plata, Plomo, Zinc, (Oro, Cobre)	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
028 02D000C00000	Fosforo	Desconocido
029 02D0140C13701	Hierro, Cobre	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
030 02D0740C13701	PIERRO MANGANESO Y COBRE	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
031 02D0740C13701	PIERRO MANGANESO Y COBRE	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
032 02D0740C14701	Hierro, Cobre	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
033 11D0120C05406	Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
034 04D3540013701	Plata, Plomo, Zinc, (Oro, cobre)	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
035 14B3500007701	Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
036 11A0740C14006	Azufre	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
037 04C0140013701	Oro, Plata	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
038 00D1340C13701	Bario	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas
039 11D0120C05506	Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
040 11D0120C05506	Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
041 04D0740C13705	Oro, Cobre	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
042 04C0740C13709	Oro, Plata	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
043 06A1810032606	Celcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
044 04C0740013701	Oro, Plata,	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
045 11C0120006506	Yeso	Plataforma carbonatada
046 06A1810032606	Celcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
047 16A0724014709	Caolín	Arco magmatico continental emplazado en rocas calcareas
048 04D0740013701	Plata, Plomo, Zinc, (Oro, Cobre)	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
049 16C3540C13901	Calcedonia	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
050 16C3540C13701	Calcedonia	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias

NUM.	AMBITO IGNEO ASOCIAC.	TAMANO	TIPO DE FACIES
001	ROCAS ULTRABASICAS Y SECUENCIAS OFIOLITICAS	Pequeño	Concentración magmática
002	Ígneo intrusivo ácido	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
003	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
004	Ígneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, cuarzo-monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
005	Sin relación ígnea	Mediano	Biogénico
006	Ígneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, cuarzo-monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
007	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Tec. volcanosedimentario
008	Ígneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, cuarzo-monzonita)	Mediano	Metasomático de contacto
009	Ígneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, cuarzo-monzonita)	Mediano	Hidrotermal de baja temperatura
010	ROCAS VOLCANICAS CONTINENTALES ACIDAS	Mediano	Hidrotermal de baja temperatura
011	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Sedimentario mecánico
012	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
013	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
014	Ígneo continental intermedio (andesitas)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
015	Volcánico continental ácido (riolitas)	Pequeño	Hidrotermal de baja temperatura
016	Volcánico continental ácido (riolitas)	Pequeño	Hidrotermal de baja temperatura
017	ROCAS ULTRABASICAS Y SECUENCIAS OFIOLITICAS.	Mediano	Hidrotermal de baja temperatura
018	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Residual y de oxidación (lateritas)
019	Ígneo intrusivo ácido (granito, granodiorita, cuarzo-monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
020	ROCAS ULTRABASICAS Y SECUENCIAS OFIOLITICAS	Pequeño	Metasomático de contacto
021	ROCAS ULTRABASICAS Y SECUENCIAS OFIOLITICAS	Pequeño	Metasomático regional
022	Ígneo intrusivo ácido	Mediano	Metasomático de contacto
023	ROCAS VOLCANICAS ACIDAS CONTINENTALES	Mediano	Hidrotermal de baja temperatura
024	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Concentración magmática
025	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
026	Volcánico continental ácido (riolitas)	Pequeño	Sedimentario mecánico
027	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
028	Desconocido	Pequeño	Desconocido
029	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
030	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
031	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
032	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de baja temperatura
033	Sin relación ígnea	Pequeño	Biogénico
034	Volcánico continental intermedio	Mediano	Hidrotermal de mediana temperatura
035	ROCAS ULTRABASICAS Y SECUENCIAS OFIOLITICAS	Mediano	Metasomático regional
036	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de baja temperatura
037	Volcánico continental intermedio	Mediano	Hidrotermal de mediana temperatura
038	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
039	Sin relación ígnea	Pequeño	Biogénico
040	Sin relación ígnea	Pequeño	Biogénico
041	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
042	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
043	Sin relación ígnea	Mediano	Sedimentario químico
044	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Mediano	Hidrotermal de mediana temperatura
045	Sin relación ígnea	Mediano	Evaporitas
046	Sin relación ígnea	Mediano	Sedimentario químico
047	Volcánico continental intermedio	Pequeño	Sedimentario químico
048	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
049	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura
050	Ígneo intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeño	Hidrotermal de mediana temperatura

NUM.	ESTRUCTURA	EDAD
001	Irregular	PALEOZOICO
002	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
003	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
004	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
005	Vetas y capas	CRETACICO INFERIOR
006	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
007	Lentes y capas	PALEOZOICO
008	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
009	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
010	Capas y mantos (costras)	TERCIARIO SUPERIOR
011	Lentes y capas	CUATERNARIO
012	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
013	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
014	Irregular	TERCIARIO INFERIOR
015	Irregular	TERCIARIO INFERIOR
016	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
017	Irregular	TERCIARIO INFERIOR
018	Placer	TERCIARIO INFERIOR
019	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
020	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
021	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
022	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
023	Lentes y capas (costras)	TERCIARIO SUPERIOR
024	Diseminados y porfidos	CRETACICO SUPERIOR
025	Vetas	TERCIARIO SUPERIOR
026	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
027	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
028	Desconocido	DESCONOCIDO
029	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
030	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
031	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
032	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
033	Lentes y capas	JURASICO
034	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
035	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
036	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
037	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
038	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
039	Lentes y capas	CRETACICO INFERIOR
040	Lentes y capas	CRETACICO INFERIOR
041	Naclitos y troncos	TERCIARIO INFERIOR
042	Irregular	TERCIARIO INFERIOR
043	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
044	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
045	Capas	CRETACICO INFERIOR
046	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
047	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
048	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
049	Vetas	CUATERNARIO
050	Vetas	TERCIARIO INFERIOR

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GAYTAN, 1991)

NUM.	MINERALES DE XENA
001	MAGNESITA TALCO ASBESTO
002	CALCOPIRITA CALCOCITA BORNITA
003	BARITA BORNITA MANGANESO
004	BARITA
005	CARBON
006	CALCOPIRITA ORO
007	CALENA BLANDA CALCOPIRITA
008	CALCITA
009	CALENA ESPALERITA CALCOPIRITA
010	HALITA
011	ARENA CUARCIFERA, PIRLITA, CUARZO MASIVO, DIATOMAS, JASPER.
012	BARITA
013	BARITA CALCOPIRITA CALENA
014	BERTONITA
015	CAOLIN SILICOSO
016	CAOLIN, ALUMITA, HALOYSITA, ANAUXITA, AIUPRE, ARENAS PBLDOSPATICAS
017	TALCO CAOLIN BARITA
018	LATIRITAS
019	CALCOPIRITA BORNITA
020	TALCO
021	TALCO
022	MARMOL MARMOL ONIX MARMOL TRAVERTINO
023	SALES ALCALINAS SALES DE SODIO
024	HEMATITA
025	BLANDA ATURITA MANGANESITA
026	CUARZO VETA, CUARZO MASIVO, GRAVA CUARZOSA, ARENA VITREA, CUARZO VITREO.
027	ESPALERITA CALENA-ARGENTIFERA ATURITA Y SMITHSONITA
028	POSPATOS
029	CALCOPIRITA HEMATITA MAGNESITA CALENA OCHRE JASPER
030	LIOMITA PIROLUSITA
031	MALAQUITA ATURITA COPRITA
032	CALCOPIRITA, HEMATITA PIROLUSITA, ESPALERITA
033	CARBON
034	CALENA, BLANDA BORNITA, MALAQUITA ATURITA
035	TALCO
036	AIUPRE
037	BOLBOS DE ORO ARGENTITA ESPALERITA, HEMATITA
038	BARITA CALENA
039	CARBON
040	CARBON
041	ORO ATURITA HEMATITA
042	ORO ATURITA
043	CALCITA ONIX
044	ARGENTITA CALENA
045	YESO
046	CALISAS CALCITA
047	CAOLIN ARCILLAS BLANCAS, SFG-BERTONITA
048	CALENA ARGENTITA ESPALERITA, ORO
049	CALCEDONIA
050	CALCEDONIA

CARTA METEOROLOGICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GATTAN, 1991)

MUN.	NOM.	LONG.	LAT.	UTM-N	UTM-E	ELEV	ADO	NOMBRE DEL YACIMIENTO	MUNICIPIO
051	051	97.5300	19.0000	2101074	617526	2300	PUEB	SAN LORENZO-LA JOYA	TEPEACA
052	152	98.0300	19.5000	2193107	599406	2400	PUEB	YAC. DE CARBON EN CHICHAUAPAN	CHICHAUAPAN
053	453	98.0300	20.1200	2233769	592253	1600	PUEB	YAC. DE CARBON EN SUANUCSTRAGO	SUANUCSTRAGO
054	054	98.1300	20.1200	2233676	581039	2000	PUEB	YAC. DE CARBON EN BOMBY	BOMBY
055	055	98.2700	19.0900	2117389	557036	2400	PUEB	YAC. DE CARBON EN SUBJOTTINGO	SUBJOTTINGO
056	056	97.5700	18.3300	2051236	610012	1700	PUEB	YAC. DE CARBON EN TEPREI DE RODRIGUEZ	TEPREI DE RODRIGUEZ
057	057	98.2000	18.3700	2058333	556262	1200	PUEB	YAC. DE CARBON EN IZUCAR DE NATAMOROS	IZUCAR DE NATAMOROS
058	058	98.0400	18.1200	2012462	590630	1200	PUEB	YAC. DE CARBON EN ACATLAN	ACATLAN
059	059	97.5000	18.2700	2040161	609116	1600	PUEB	YAC. DE TALCO EN SANTA INES	SANTA INES BUATEMPAN
060	060	98.9400	18.1000	2000756	580716	1200	PUEB	YACIMIENTO EL CAMPOEN	ACATLAN
061	061	98.0000	18.9700	2049176	606911	1200	PUEB	YAC. DE TALCO EN SUANUCRIL	SAN PEDRO TEOIXTLAUBACAN
062	062	98.1200	18.0000	2005000	586629	1300	PUEB	YAC. DE TALCO EN QUIROTTEPEC	SAN PABLO ANICANO
063	063	98.0600	18.9600	2001368	595227	1200	PUEB	YAC. DE TALCO EN TECOMATLAN	TECOMATLAN
064	064	97.2500	18.3100	2047959	607140	2000	PUEB	YAC. DE TALCO EN SANTIAGO NIUAUATLAN	SANTIAGO NIUAUATLAN
065	065	98.2000	18.3700	2058373	556162	1200	PUEB	CALLIXAS EN IZUCAR DE NATAMOROS	IZUCAR DE NATAMOROS
066	066	97.5600	18.5000	2097253	612295	2300	PUEB	CALLIXAS DE TEPEACA	TEPEACA
067	067	98.9100	18.1200	2012462	590630	1200	PUEB	YAC. DE MANGANESO EN ACATLAN	ACATLAN
068	068	97.2500	18.3100	2047959	606101	1700	PUEB	YAC. DE Pb, Ag, EN NIUAUATLAN	SANTIAGO NIUAUATLAN
069	069	98.3700	18.1700	2021653	560516	1100	PUEB	YAC. DE ANTIMONIO EN CHIAUTLA	CHIAUTLA
070	070	97.2700	18.2500	2036062	605315	1700	PUEB	YAC. DE ANTIMONIO	TEHUACAN
071	071	98.1500	18.0600	2001262	572301	1200	PUEB	YAC. DE TALCO EN CUAYUCA Y TECOMATLAN	CUAYUCA Y TECOMATLAN
072	072	97.5700	18.3300	2051236	610012	1700	PUEB	MARMOL EN TEPREI DE RODRIGUEZ	TEPREI DE RODRIGUEZ
073	073	97.5000	18.1500	2019031	609262	1600	PUEB	YAC. DE CUARZO	ZATECATLAN
074	074	97.5000	19.5500	2207450	600155	2100	PUEB	YAC. DE ARENA FELDSPATICA	ZATECATLAN
075	075	98.2000	18.3700	2058373	556262	1200	PUEB	YACIMIENTO DE YENO	IZUCAR DE NATAMOROS
076	076	98.4900	18.2200	2016630	519367	1600	PUEB	YAC. DE YENO EN TEOIXTLALCO	TEOIXTLALCO
077	077	98.0200	18.2300	2016630	602096	1500	PUEB	YAC. DE BENTONITA	SANTA INES BUATEMPAN
078	078	98.3700	18.0700	1995683	550209	1200	PUEB	YAC. DE ANTIMONIO	TULCINGO
079	079	98.3600	19.3500	2165302	605440	2600	TLAX	YAC. DE POKRI, MURICITA, TROMTIL	CALPULALPAN
080	080	98.1300	19.2100	2139609	581339	2400	TLAX	YAC. DE BENTONITA EN TISAYLAN	TISAYLAN
081	081	97.0700	19.2000	2152707	627302	2800	TLAX	YAC. DE BENTONITA SAN CASIBEL	ALTSAYANCA DE HIDALGO
082	082	97.0000	19.2000	2147012	590931	2500	TLAX	YAC. DE BENTONITA EN APISACO	APISACO
083	083	97.5600	19.2300	2143661	612013	2500	TLAX	CALLIXAS EN TEOCAC	TEHUACAN
084	084	98.1500	19.2900	2140532	570021	2600	TLAX	CALLIXAS EN TRINIDAD TLAXCAYUTLA	TLAXCAYUTLA
085	085	98.3900	19.3100	2157905	536723	2000	TLAX	MARMOL EN LA CALERA	CALPULALPAN
086	086	98.1000	19.2300	2143264	573507	2600	TLAX	YAC. DE CARBON EN SAN MATO BUHUITOLCAN	PAROTLA
087	087	98.1700	19.2200	2141427	575265	2500	TLAX	YAC. DE CARBON EN SAN FRANCISCO BENTONITA	PAROTLA
088	088	98.1600	19.1900	2135901	573030	2400	TLAX	YAC. DE CARBON EN PAROTLA	PAROTLA
089	089	98.1600	19.2300	2144197	576120	2600	TLAX	YAC. CARBONACON EN SAN TADRO EUILOAPAN	PAROTLA
090	090	98.1600	19.2300	2144197	576120	2600	TLAX	YAC. DE SAN TADRO EUILOAPAN	PAROTLA
091	091	98.5400	18.2000	2010012	605710	1600	PUEB	ARSA DE JOLALPAN	JOLALPAN
110	110	97.2000	19.2200	2143985	601043	2400	PUEB	CHICICAYUTLA	CHICICAYUTLA
111	111	97.5000	19.4500	2161521	626101	2400	PUEB	PUNDO LA SUPERANTA	ITXCACAYUTLAN
112	112	98.2700	18.3200	2048723	576525	1400	PUEB	TOMA DE SAN RICUEL DE LAS NIÑAS	SAN MIGUEL DE LAS NIÑAS

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GAYAN, 1991)

NUM. C O D I G O	ASOCIACION METALICA	TIPO METALOGENETICO
051	0400120002606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
052	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
053	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
054	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
055	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
056	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
057	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
058	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
059	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
060	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
061	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
062	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
063	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
064	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
065	0400120002606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
066	0400120002606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
067	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
068	0100146013701 Plata, Zinc, Plata, (Oro, Cobalto)	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
069	0000700014701 ANTIMONIO	Arco magmatico continental (ambiente subvolcanico y/o hidrotermal)
070	0003500013601 Antimonio	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
071	1003500007701 Talco	Arco magmatico continental emplazado en rocas volcanosedimentarias
072	0400146003606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
073	1403140004706 CUIBIO	Locas de recubrimiento de plataforma, incluyendo planicies costeras
074	1603140004706 AUBA PLEISISTATICA	Locas de recubrimiento de plataforma, incluyendo planicies costeras
075	1700120005806 Yeno	Plataforma carbonatada
076	1700120005806 Yeno	Plataforma carbonatada
077	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
078	0000700014701 Antimonio	Arco magmatico continental (ambiente subvolcanico e hidrotermal)
079	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
080	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
081	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
082	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
083	0400120002606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
084	0400120002606 Calcio	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
085	0600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
086	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
087	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
088	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
089	1100120003506 Carbon	Plataforma carbonatada. Sedimentos de gran espesor no volcanicos
090	1600700013701 BERTONITA	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
091	0400146013701 Plata, Plomo, Zinc (Oro, Cobalto)	Arco magmatico continental. Ambiente subvolcanico y/o hidrotermal
110	0400146013701 Plata, Plomo, Zinc	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
111	0400146013701 Plata, Plomo, Zinc	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal
112	0400146013701 Plata, Plomo, Zinc	Arco magmatico continental. Ambiente sub-volcanico y/o hidrotermal

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GAYTAN, 1991)

N.	AMBIENTE IGNEO ASOCIADO	TAMBO	TIPO DE FACIENDTO
051	Sin relacion ignea	Mediano	Sedimentario quimico
052	Sin relacion ignea	Mediano	Bioquimico
053	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
054	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
055	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
056	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
057	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
058	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
059	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
060	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
061	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
062	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
063	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
064	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
065	Sin relacion ignea	Mediano	Sedimentario quimico
066	Sin relacion ignea	Mediano	Sedimentario quimico
067	Sin relacion ignea	Pequeno	fac. hidrotermales de mediana temperatura
068	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
069	Ignes intrusivo acido	Pequeno	fac. hidrotermales de mediana temperatura
070	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
071	Rocas ultrabasicas y secuencias ofioliticas	Pequeno	Metamorfismo regional
072	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Metasomatismo de contacto
073	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Sedimentario mecanico
074	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Sedimentario mecanico
075	Sin relacion ignea	Mediano	Evaporitas
076	Sin relacion ignea	Mediano	Evaporitas
077	Volcanico continental intermedio (andesitas)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
078	Ignes intrusivo acido	Pequeno	Hidrotermal de baja temperatura
079	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Hidrotermal de alta temperatura
080	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
081	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
082	Volcanico continental intermedio	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
083	Sin relacion ignea	Mediano	Sedimentario quimico
084	Sin relacion ignea	Mediano	Sedimentario quimico
085	Volcanico continental intermedio	Mediano	Metasomatismo de contacto
086	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
087	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
088	Sin relacion ignea	Pequeno	Bioquimico
089	Sin relacion ignea	Mediano	Bioquimico
090	Sin relacion ignea	Pequeno	Residuales y de oxidacion (lateritas)
091	Ignes intrusivo intermedio	Pequeno	fac. hidrotermales de mediana temperatura
110	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
111	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura
112	Ignes intrusivo intermedio (diorita, monzonita)	Pequeno	Hidrotermal de mediana temperatura

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GAYTAN, 1991)

NUM.	ESTRUCTURA	EDAD
051	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
052	Lentes y capas	CRETACICO INFERIOR
053	Lentes y capas	CRETACICO INFERIOR
054	Lentes y capas	CRETACICO INFERIOR
055	Lentes y capas	JURASICO
056	Lentes y capas	JURASICO
057	Lentes y capas	JURASICO
058	Lentes y capas	JURASICO
059	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
060	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
061	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
062	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
063	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
064	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
065	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
066	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
067	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
068	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
069	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
070	Vetas	CRETACICO SUPERIOR
071	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
072	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
073	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
074	Lentes y capas	TERCIARIO INFERIOR
075	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
076	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
077	Irregular	TERCIARIO INFERIOR
078	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
079	Lentes y capas	CUATERNARIO
080	Lentes y capas	CUATERNARIO
081	Lentes y capas	CUATERNARIO
082	Lentes y capas	CUATERNARIO
083	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
084	Lentes y capas	CRETACICO SUPERIOR
085	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
086	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
087	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
088	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
089	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
090	Lentes y capas	TERCIARIO SUPERIOR
091	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
110	Vetas	TERCIARIO INFERIOR
111	Delcos y delcos.	TERCIARIO INFERIOR
112	Vetas	TERCIARIO INFERIOR

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA (GAYTAN, 1991)

NUM.	MINERALES DE RESERVA
051	CALCITA
052	CARBON
053	CARBON
054	CARBON
055	CARBON
056	CARBON
057	CARBON
058	CARBON
059	TALCO
060	TALCO
061	TALCO
062	TALCO
063	TALCO
064	TALCO
065	CALITAS
066	CALITAS
067	PIROLUSITA
068	GALENA ARGENTITA
069	ESTIBNITA
070	ESTIBNITA
071	TALCO
072	MAENOL
073	CUARZO
074	ARENA PLEUROSPATICA
075	YESO
076	YESO
077	BENTONITA
078	ESTIBNITA
079	POMER, PUNICITA, TROZYLL
080	BENTONITA
081	BENTONITA
082	BENTONITA
083	CALITAS
084	CALITAS
085	MAENOL
086	CARBON
087	CARBON
088	CARBON
089	CARBON
090	ARCILLAS COLONITAS
091	BLEEDA, ARGENTITA, CALCOPIRITA, GALENA
110	GALENA, BSPALMITA, CALCOPIRITA, ARGENTITA, ASURITA.
111	GALENA, BSPALMITA, GALENA, ARGENTITA, MALAQUITA
112	GALENA, ARGENTIFERA, BSPALMITA, CALCOPIRITA, BORNITA, MALAQUITA

NUM.

MINERALES DE ORO

051	CALCITA
052	CARBON
053	CARBON
054	CARBON
055	CARBON
056	CARBON
057	CARBON
058	CARBON
059	TALCO
060	TALCO
061	TALCO
062	TALCO
063	TALCO
064	TALCO
065	CALIXAS
066	CALIXAS
067	PIROLOXITA
068	GALENA ARGENTITA
069	ESTIBINITA
070	ESTIBINITA
071	TALCO
072	ARNOL
073	CHABO
074	ARFVEDSONITA
075	YESO
076	YESO
077	BENTONITA
078	ESTIBINITA
079	POMERANITA, TRICROMA
080	BENTONITA
081	BENTONITA
082	BENTONITA
083	CALIXAS
084	CALIXAS
085	ARNOL
086	CARBON
087	CARBON
088	CARBON
089	CARBON
090	ARCILLAS DOLOMITAS
091	BALENDA, ARGENTITA, CALCOPIRITA, GALENA
110	GALENA, ESFALERITA, CALCOPIRITA, ARGENTITA, ASPIRITA.
111	GALENA, ESFALERITA, GALENA, ARGENTITA, MALLAQUITA
112	GALENA, ARGENTIFERA, ESFALERITA, CALCOPIRITA, BONNITA, MALLAQUITA

MANIFESTACIONES TERMALES DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA

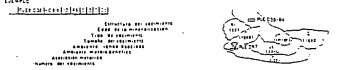
#ANOM	LONG.	LAT.	NOMBRE DEL CAMPO O MANIFESTACION (MUNICIPIO)	CODIGO TIPO DE FLUIDO
PE092	98.31	18.30	BAÑOS SAN CARLOS (ATZALA)	18e 15 4 A 1 5 CALCICO-SULFATADA
PE093	98.34	18.31	BAÑOS DE IZTACALA (CHIETLA)	18c 15 4 B 1 9 SODICO-SULFATADA
PE094	98.27	19.22	BAÑOS DE ATOTONILCO (HUEHUETLAN)	18c 15 4 A 1 9 SODICO-SULFATADA
PE095	98.02	19.50	BAÑOS T.CHIGNAHUAPAN (CHIGNAHUAPAN)	18b 15 4 B 3 5 SODICO-BICARBONATADA
PE096	98.03	18.42	BAÑOS QUETZALAPA (CHIGNAHUAPAN)	18b 15 4 B 1 5 SODICO-BICARBONATADA
PE097	97.58	19.50	BAÑOS DE JICOLAPA (ZACATLAN)	19c 15 4 F 1 8 NO DETERMINADO
PE098	97.58	19.56	MANANTIALES EL RINCON (ZACATLAN)	19c 15 4 F 1 8 NO DETERMINADO
PE099	97.57	20.16	EL PARAISO (XICOTEPEC DE JUAREZ)	18b 15 4 F 1 8 SODICO-BICARBONATADA
PE100	97.28	19.41	LOS HUMEROS (CHIGNAUTLA)	19c 0 4 F 2 8 NO DETERMINADO
PE101	97.26	19.15	LAS DERRUMBADAS (SAN NICOLAS B. AIRES)	19c 0 4 F 6 8 NO DETERMINADO
PE102	98.13	19.02	BALNEARIO RANCHO C. (PUEBLA)	18c 15 4 F 1 0 SODICO-SULFATADA
PE103	98.13	19.02	BALNEARIO AGUA AZUL (PUEBLA)	18e 15 4 F 1 0 CALCICO-SULFATADA
PE104	98.28	18.30	BALNEARIO COLUCAN (IZUCAR DE MATAMOROS)	18c 15 4 F 1 0 SODICO SULFATADA
PE105	97.12	18.13	AGUA XCCA AXUSCO (ZINACANTEPEC)	18a 15 4 F 1 0 SODICO-CLORURADA
PE106	97.57	19.56	METLAXITLA (ZACATLAN)	18b 15 4 F 1 0 SODICO-BICARBONATADA
PE107	98.42	18.35	IZTACALA (CHIETLA)	18e 15 4 F 3 9 CALCICO-SULFATADA
PE108	98.02	19.40	CHIGNAHUAPAN (CHIGNAHUAPAN)	18b 15 4 F 3 7 SODICO-BICARBONATADA
TX109	98.20	19.18	BAÑOS T.SANTA CRUZ EL FORVENIR (M.MATAMOROS)	19c 15 4 F 1 9 NO DETERMINADO

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

ERA PERIODO EPOCA	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS				LITOLOGIA
	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	6	Depositos cuaternarios	6	Comarcas
	PLIOCENO	5	Depositos cuaternarios	5	Comarcas
	PLEISTOCENO	4	Depositos cuaternarios	4	Comarcas
	TERCIARIO	3	Depositos cuaternarios	3	Comarcas
	CRETACEO	2	Depositos cuaternarios	2	Comarcas
MESOZOICO	CRETACEO	2	Depositos cuaternarios	2	Comarcas
	JURASICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	TRIASICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	PERMIANO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	TRIASSICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
PALEOZOICO	TRIASSICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	PERMIANO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	JURASICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas
	CRETACEO	2	Depositos cuaternarios	2	Comarcas
	TRIASSICO	1	Depositos cuaternarios	1	Comarcas

LITOLOGIA	
ROCAS IGNEAS	
INTRUSIVAS	1-10
SEDIMENTARIAS	11-20
EXTRUSIVAS	21-30
SEDIMENTARIAS	31-40
INTRUSIVAS	41-50
SEDIMENTARIAS	51-60
ROCAS SEDIMENTARIAS	
SEDIMENTARIAS	61-70
SEDIMENTARIAS	71-80
SEDIMENTARIAS	81-90
SEDIMENTARIAS	91-100
ROCAS VOLCANICAS SEDIMENTARIAS	101-110
SEDIMENTARIAS	111-120
SEDIMENTARIAS	121-130
SEDIMENTARIAS	131-140
SEDIMENTARIAS	141-150
SEDIMENTARIAS	151-160
SEDIMENTARIAS	161-170
SEDIMENTARIAS	171-180
SEDIMENTARIAS	181-190
SEDIMENTARIAS	191-200

SÍMBOLOS METALOGENETICOS

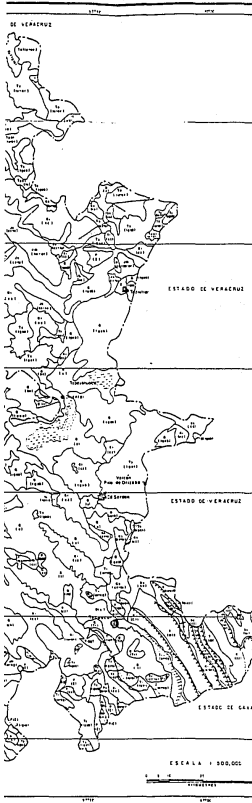


- 1- TIPO DE DEPOSITO**
 1- Depositos de tipo...
 2- Depositos de tipo...
 3- Depositos de tipo...
 4- Depositos de tipo...
 5- Depositos de tipo...
 6- Depositos de tipo...
 7- Depositos de tipo...
 8- Depositos de tipo...
 9- Depositos de tipo...
 10- Depositos de tipo...
- 2- ASOCIACION METALICA**
 1- Asociacion...
 2- Asociacion...
 3- Asociacion...
 4- Asociacion...
 5- Asociacion...
 6- Asociacion...
 7- Asociacion...
 8- Asociacion...
 9- Asociacion...
 10- Asociacion...
- 3- AMBIENTE METALOGENETICO**
 1- Ambiente...
 2- Ambiente...
 3- Ambiente...
 4- Ambiente...
 5- Ambiente...
 6- Ambiente...
 7- Ambiente...
 8- Ambiente...
 9- Ambiente...
 10- Ambiente...

- TRABAJOS CONSULTADOS**
 1- ...
 2- ...
 3- ...
 4- ...
 5- ...
 6- ...
 7- ...
 8- ...
 9- ...
 10- ...
- ESTADO DE VERACRUZ**
- ESTADO DE GRANCA**

- 4- ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO**
 1- Estructura...
 2- Estructura...
 3- Estructura...
 4- Estructura...
 5- Estructura...
 6- Estructura...
 7- Estructura...
 8- Estructura...
 9- Estructura...
 10- Estructura...
- 5- SÍMBOLOS**
 1- Símbolo...
 2- Símbolo...
 3- Símbolo...
 4- Símbolo...
 5- Símbolo...
 6- Símbolo...
 7- Símbolo...
 8- Símbolo...
 9- Símbolo...
 10- Símbolo...

- 6- ESTADO DE LA MINERALIZACION**
 1- Estado...
 2- Estado...
 3- Estado...
 4- Estado...
 5- Estado...
 6- Estado...
 7- Estado...
 8- Estado...
 9- Estado...
 10- Estado...
- 7- CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA**
 (GATIAN RAMOS EDUARDO-GONZALEZ RANGEL ANTONIO)
 1970 B 13



ESCALA 1:500,000

SIMBOLOS GEOLOGICOS

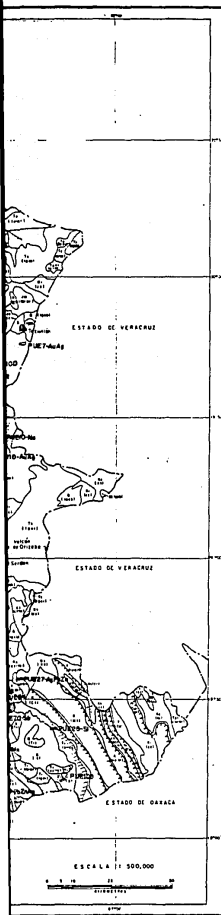
ERA PERIODO EPOCA		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS		EPOCAS RELATIVAS		UNIDADES METEOROLOGICAS	
		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS		
MESOZOICO	CRETACEO	CUATERNARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
	MESOZOICO	TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
CENOZOICO	TERCIARIO	TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	
	TERCIARIO	TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
		TERCIARIO	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario

LITOLOGIA	
ROCAS IGENEAS	
INTRUSIVAS	10-14
IGNEAS	15
EXTRUSIVAS	16
SEDIMENTARIAS	17-19
SEDIMENTARIAS	20-22
SEDIMENTARIAS	23-25
SEDIMENTARIAS	26-28
SEDIMENTARIAS	29-31
SEDIMENTARIAS	32-34
SEDIMENTARIAS	35-37
SEDIMENTARIAS	38-40
SEDIMENTARIAS	41-43
SEDIMENTARIAS	44-46
SEDIMENTARIAS	47-49
SEDIMENTARIAS	50-52
SEDIMENTARIAS	53-55
SEDIMENTARIAS	56-58
SEDIMENTARIAS	59-61
SEDIMENTARIAS	62-64
SEDIMENTARIAS	65-67
SEDIMENTARIAS	68-70
SEDIMENTARIAS	71-73
SEDIMENTARIAS	74-76
SEDIMENTARIAS	77-79
SEDIMENTARIAS	80-82
SEDIMENTARIAS	83-85
SEDIMENTARIAS	86-88
SEDIMENTARIAS	89-91
SEDIMENTARIAS	92-94
SEDIMENTARIAS	95-97
SEDIMENTARIAS	98-100

SIMBOLOS METALOGENETICOS

EJEMPLO:

- 1. Simbolos de sedimentacion
- 2. Simbolos de metamorfismo
- 3. Simbolos de mineralizacion
- 4. Simbolos de tectonismo
- 5. Simbolos de deformacion
- 6. Simbolos de erosion
- 7. Simbolos de glaciacion
- 8. Simbolos de volcanismo
- 9. Simbolos de hidrotermalismo
- 10. Simbolos de hidrocarburos
- 11. Simbolos de hidrocloruros
- 12. Simbolos de hidrofluoruros
- 13. Simbolos de hidrocarbonatos
- 14. Simbolos de hidrocloruros
- 15. Simbolos de hidrofluoruros
- 16. Simbolos de hidrocarbonatos
- 17. Simbolos de hidrocloruros
- 18. Simbolos de hidrofluoruros
- 19. Simbolos de hidrocarbonatos
- 20. Simbolos de hidrocloruros
- 21. Simbolos de hidrofluoruros
- 22. Simbolos de hidrocarbonatos
- 23. Simbolos de hidrocloruros
- 24. Simbolos de hidrofluoruros
- 25. Simbolos de hidrocarbonatos
- 26. Simbolos de hidrocloruros
- 27. Simbolos de hidrofluoruros
- 28. Simbolos de hidrocarbonatos
- 29. Simbolos de hidrocloruros
- 30. Simbolos de hidrofluoruros
- 31. Simbolos de hidrocarbonatos
- 32. Simbolos de hidrocloruros
- 33. Simbolos de hidrofluoruros
- 34. Simbolos de hidrocarbonatos
- 35. Simbolos de hidrocloruros
- 36. Simbolos de hidrofluoruros
- 37. Simbolos de hidrocarbonatos
- 38. Simbolos de hidrocloruros
- 39. Simbolos de hidrofluoruros
- 40. Simbolos de hidrocarbonatos
- 41. Simbolos de hidrocloruros
- 42. Simbolos de hidrofluoruros
- 43. Simbolos de hidrocarbonatos
- 44. Simbolos de hidrocloruros
- 45. Simbolos de hidrofluoruros
- 46. Simbolos de hidrocarbonatos
- 47. Simbolos de hidrocloruros
- 48. Simbolos de hidrofluoruros
- 49. Simbolos de hidrocarbonatos
- 50. Simbolos de hidrocloruros
- 51. Simbolos de hidrofluoruros
- 52. Simbolos de hidrocarbonatos
- 53. Simbolos de hidrocloruros
- 54. Simbolos de hidrofluoruros
- 55. Simbolos de hidrocarbonatos
- 56. Simbolos de hidrocloruros
- 57. Simbolos de hidrofluoruros
- 58. Simbolos de hidrocarbonatos
- 59. Simbolos de hidrocloruros
- 60. Simbolos de hidrofluoruros
- 61. Simbolos de hidrocarbonatos
- 62. Simbolos de hidrocloruros
- 63. Simbolos de hidrofluoruros
- 64. Simbolos de hidrocarbonatos
- 65. Simbolos de hidrocloruros
- 66. Simbolos de hidrofluoruros
- 67. Simbolos de hidrocarbonatos
- 68. Simbolos de hidrocloruros
- 69. Simbolos de hidrofluoruros
- 70. Simbolos de hidrocarbonatos
- 71. Simbolos de hidrocloruros
- 72. Simbolos de hidrofluoruros
- 73. Simbolos de hidrocarbonatos
- 74. Simbolos de hidrocloruros
- 75. Simbolos de hidrofluoruros
- 76. Simbolos de hidrocarbonatos
- 77. Simbolos de hidrocloruros
- 78. Simbolos de hidrofluoruros
- 79. Simbolos de hidrocarbonatos
- 80. Simbolos de hidrocloruros
- 81. Simbolos de hidrofluoruros
- 82. Simbolos de hidrocarbonatos
- 83. Simbolos de hidrocloruros
- 84. Simbolos de hidrofluoruros
- 85. Simbolos de hidrocarbonatos
- 86. Simbolos de hidrocloruros
- 87. Simbolos de hidrofluoruros
- 88. Simbolos de hidrocarbonatos
- 89. Simbolos de hidrocloruros
- 90. Simbolos de hidrofluoruros
- 91. Simbolos de hidrocarbonatos
- 92. Simbolos de hidrocloruros
- 93. Simbolos de hidrofluoruros
- 94. Simbolos de hidrocarbonatos
- 95. Simbolos de hidrocloruros
- 96. Simbolos de hidrofluoruros
- 97. Simbolos de hidrocarbonatos
- 98. Simbolos de hidrocloruros
- 99. Simbolos de hidrofluoruros
- 100. Simbolos de hidrocarbonatos



1.- NUMERO DE TACIMIENTO
 Determina por sus propiedades como se da en un terreno y en un tiempo determinado.

2.- ASOCIACION METALICA
 Se define por sus propiedades, segun sus propiedades.

COLOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

22.- AMBIENTE METALOGENETICO
 No solo representa el grado de metamorfismo, sino tambien el tipo de metamorfismo que se da en un terreno.

23.- AMBIENTE IGNEO ASOCIADO
 No solo representa el tipo de roca ignea que se da en un terreno, sino tambien el tipo de metamorfismo que se da en un terreno.

24.- TAMAÑO DEL TACIMIENTO
 Representa por su tamaño el tipo de roca que se da en un terreno.

25.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

26.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

27.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

28.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

29.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

30.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

31.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

32.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

33.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

34.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

35.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

36.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

37.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

38.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

39.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

40.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

41.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

42.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

43.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

44.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

45.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

46.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

47.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

48.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

49.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

50.- TIPO DE TACIMIENTO
 Representa por su tipo el tipo de roca que se da en un terreno.

TRABAJOS CONSULTADOS
 Centro Geológico del Estado de Puebla y Tlaxcala, Instituto de Geología, U.N.A.M., Puebla, 1973.
 Centro Geológico del Estado de Oaxaca, Instituto de Geología, U.N.A.M., Oaxaca, 1973.
 Centro Geológico del Estado de Veracruz, Instituto de Geología, U.N.A.M., Veracruz, 1973.
 Centro Geológico del Estado de Tlaxcala, Instituto de Geología, U.N.A.M., Tlaxcala, 1973.

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

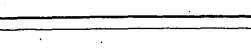
ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

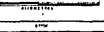
ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

CARTA METALOGENETICA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA

(GUSTAVO RAMIREZ EDUARDO - GONZALEZ RANGEL J. ANTONIO)
 1979



ESCALA 1:500,000



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA

ESTADO DE VERACRUZ
 ESTADO DE OAXACA