



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Ciencias de la Tierra**

**HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA DE  
ORIENTAL. ESTADOS DE TLAXCALA,  
PUEBLA Y VERACRUZ.**

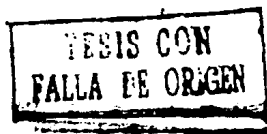
**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO GEOLOGO**

P R E S E N T A :

**CARMEN LAURA MORALES RECINOS**



México, D. F.

1990



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.

HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA DE ORIENTAL ESTADOS DE TLAXCALA,  
PUEBLA Y VERACRUZ.

I N D I C E

RESUMEN

I.-INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVO.....	3
1.2 METODO DE TRABAJO.....	3
1.3 ESTUDIOS PREVIOS.....	5
II.- GENERALIDADES	
11.1 LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA.....	10
11.2 VIAS DE COMUNICACION Y ACCESO.....	10
11.3 POBLACION Y CULTURA.....	12
11.4 ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS.....	12
11.5 CLIMA.....	13
III.- GEOLOGIA	
111.1 GEOMORFOLOGIA Y FISIOGRAFIA.....	17
111.2 GEOLOGIA REGIONAL.....	24
111.3 ESTRATIGRAFIA.....	30
111.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y TECTONICA.....	48
111.5 GEOLOGIA HISTORICA.....	65
IV.- GEOFISICA	
IV.1 CORRELACION DE RESULTADOS GEOLOGICOS-GEOFISICOS..	72
V.- HIDROGEOQUIMICA	
V.1 ANALISIS HIDROGEOQUIMICO.....	76

VI.- HIDROGEOLOGIA

VI.1	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.....	88
VI.2	ANALISIS DE CONFIGURACION DE NIVELES ESTATICOS..	109
VI.3	INTEGRACION DE RESULTADOS	
	VI.3.1 MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO	
	HIDROGEOLOGICO.....	113

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1	CONCLUSIONES.....	117
VII.2	RECOMENDACIONES.....	121

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS Y MAPAS

## RESUMEN

La cuenca de Oriental presenta durante su evolución geológica la influencia de las provincias de la Sierra Madre Oriental, la Faja o Eje Volcánico Mexicano y la Provincia Volcánica Oriental, cuyas características se observan en las rocas y estructuras de la región.

En cuanto a la estratigrafía, se presenta la secuencia carbonatada mesozoica de la Sierra Madre Oriental, sobre la que descansa la secuencia cenozoica, que refleja una intensa actividad magnética que actualmente continúa, evidencia de esto son las manifestaciones geotérmicas en el área; posiblemente sea la responsable de la actividad sísmica reciente. Con nuevos fechamientos se realizaron modificaciones en la descripción de las unidades litoestratigráficas del Cenozoico.

Estructuralmente se observan 3 porciones de la cuenca con diferentes dominios estructurales, la porción centro norte, donde se encuentra la estructura de Libres-Oriental con direcciones preferenciales NW-SE y NE-SW; la porción sur con dirección NW-SE y la porción occidental que tiene dominio N-S y E-W típico de la FVM. Existen estructuras que no tienen manifestación superficial en dirección NW-SE y que controlan hidráulicamente la cuenca; una de ellas la divide en dos porciones norte y sur, constituye también el límite sur de la estructura de Libres-Oriental. Existen manifestaciones sísmicas recientes que se asocian a la actividad magnética lo que refleja una tectónica activa.

En este marco geológico complejo se describen 14 unidades hidrogeológicas, dentro de las que se determinaron 5 unidades permeables o acuíferas, 8 unidades impermeables y 1 unidad semipermeable, las relaciones de estas y su funcionamiento hidrogeológico permitió conocer el marco hidrogeológico de la cuenca. El acuífero principal lo constituyen materiales granulares que rellenan las fosas o depresiones, el cual tiene una disposición heterogénea que se refleja en las variaciones de permeabilidad lateral y vertical. Se considera hacia el sur de la cuenca un acuífero en calizas, que pudiese ser una posibilidad de explorar a profundidad.

# HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA DE ORIENTAL ESTADOS DE TLAXCALA, PUEBLA Y VERACRUZ.

## I. INTRODUCCION

El agua líquido vital e imprescindible ha estado presente en la Tierra desde su origen. Gracias a su tamaño y a la posición que guarda con respecto al Sol, la Tierra es el único planeta del sistema solar en donde el agua existe en sus tres estados, sólido, líquido y gaseoso, es precisamente en condiciones acuosas donde habría de originarse la vida.

Desde la historia de la humanidad los primeros seres del género homo-sapiens, pronto se dieron cuenta de que vivir cerca del agua aumentaba sus posibilidades de vida así como la calidad de la misma, por tal razón abandonaron el nomadismo para asentarse cerca de los ríos o lagos y asegurar así la supervivencia. Entre las más ancestrales y grandes civilizaciones podemos citar a los Egipcios que tuvieron su desarrollo en las inmediaciones del río Nilo, Los Chinos del río Hoan-Ho, Los Indus en los ríos Indo y Ganges, Los Sumerios en la región de Mesopotamia donde se encuentran El Eufrates y El Tigris. En el Nuevo Mundo el florecimiento de Mesoamérica que comprendió una porción de México y Centroamérica; y donde se asentaron las culturas Olmeca, Tolteca, Teotihuacanos Mixtecos, Zapotecos, Mayas, etc., fue también debido a la abundancia de agua y tierras aptas para el cultivo. Civilizaciones, que tuvieron su máximo esplendor hasta el Imperio Mexica mismo que fue exterminado política, pero no culturalmente con la invasión española.

Asociado a este cambio de vida sobrevino la agricultura como resultado de una estrecha relación entre el hombre y su medio ambiente. Así también ante la imposibilidad de desentrañar los secretos de la naturaleza, el hombre, erigió una serie de creencias que explicaran lo inexplicable y un sistema de dioses o fuerzas sobrenaturales a quienes implorar cuando estas fuerzas de la naturaleza les fueran adversas.

Es así como en el pasado prehispánico de México, encontramos ceremonias, ritos, sacrificios cuyos destinatarios son casi siempre elementos de la naturaleza: El Sol, La Luna y El Agua.

Al paso del tiempo y gracias a los adelantos científicos, las creencias y métodos empíricos aplicados en la explotación o aprovechamiento de los recursos naturales han sido reemplazados por métodos y técnicas científicas, que permiten una planeación, explotación y beneficio óptimo de los mismos.

La escasez del agua es un problema que aqueja al hombre de todos los tiempos y todos los lugares, es precisamente uno de los problemas a resolver de la geohidrología, que colabora

estrechamente con otras disciplinas (geofísica, geoquímica, isotopía etc.) interrelación que permite conocer las características hidrogeológicas de una determinada área, para localizar, evaluar y explotar acuíferos que aseguren las demandas actuales y futuras de agua.

Un acuífero que fué considerado como reserva potencial para la Cd. de Mexico a futuro, se aloja en la conocida cuenca de Oriental que comprende parte de los estados de Tlaxcala, Puebla y Veracruz y que es motivo de análisis del presente trabajo.

La zona es de alta complejidad por su evolución geológica. Este trabajo es un primer intento para establecer su funcionamiento hidrogeológico a nivel regional.

## 1.1. OBJETIVO

Muchos y muy variados han sido los trabajos realizados en la cuenca de Oriental, varias dependencias oficiales y particulares han llevado a cabo la revisión de la geología de la zona, a partir de los cuales se concluye que existe una complejidad estratigráfica, estructural, tectónica, etc., sin embargo, cabe hacer notar que Pemex ha realizado varios prospectos y detallado en las rocas sedimentarias, C.F.E. ha realizado trabajos con un mayor énfasis en las rocas ígneas, dados los objetivos que persiguen ambas instituciones.

En el presente trabajo los objetivos son:

- Definir el marco geológico del área en base a recopilación, análisis e integración de estudios anteriores, y verificaciones de campo.
- Determinar el marco hidrogeológico de la cuenca.

## 1.2. METODO DE TRABAJO

Básicamente las actividades realizadas se pueden dividir en 2 etapas importantes que se desglosan conforme se realizaron :

Actividades de gabinete y Actividades de campo

Gabinete: comprende la recopilación de información existente en el área, de carácter geológico, geofísico, geoquímico, climático, etc., así como de material cartográfico, imágenes de satélite, cartas INEGI de climas, hidrológicas de aguas subterráneas y superficiales, geológica escala 1: 250 000, topográficas escalas 1: 50 000, 1: 250 000, 1: 500 000 esta última de La Secretaría de la Defensa Nacional. Se realizó el análisis y síntesis de dicha información y posteriormente se elaboró la base topográfica a escala aproximada 1: 150,000 con el apoyo de cartas INEGI.

Campo: se realizó una visita preliminar con el objeto de conocer la zona sujeta a estudio.

Gabinete: en el mapa base del área se integró la información geológica y se diferenciaron estructuras y unidades litológicas. De los diferentes estudios realizados en el área o en las inmediaciones, se elaboraron resúmenes de lo que se consideró más importante para la elaboración del presente trabajo.



**Campo:** una vez compilada la información se elaboró el mapa geológico preliminar se presentaron una serie de puntos dudosos a verificar en campo, y por tanto se realizaron varias salidas; en cada punto de verificación se llevó a cabo la toma de datos y muestreo correspondiente. De esta manera se recorrieron las sierras de San Andrés Payuca, Tepeyehualco, Yolotepec y Tenextepec fig. (111.3), el resto de puntos fueron locales, en total suman 80 (ver anexo).

**Gabinete:** del muestreo de campo, algunas muestras de roca se seleccionaron y se hicieron láminas delgadas, con el consecuente análisis petrográfico y paleontológico (ver anexo).

Se vaciaron al plano los puntos de verificación; la descripción de campo de los puntos de verificación se integró por formaciones considerando las características litológicas e hidrogeológicas, información muy valiosa para la descripción estratigráfica e hidrogeológica de las unidades.

En base a la verificación de campo y a la descripción petrográfica se realizaron los últimos ajustes al plano geológico.

**Campo:** se realizó una visita a los manantiales existentes en el área, con el objeto de conocer ubicación, litología donde aflora, caudal, si es perene o intermitente, calidad del agua, etc.

**Gabinete:** se vaciaron a un mapa los cortes litológicos de algunos pozos, importantes como apoyo en la elaboración de las secciones geológicas y para visualizar las condiciones en el subsuelo.

Se contó con información geofísica, de los métodos magnetométrico, gravimétrico, eléctrico, se analizó y sintetizó, se utilizó como información de apoyo en la elaboración de las secciones geológicas y para conocer la geometría del acuífero.

De los resultados de los análisis químicos y de los mapas de configuración de elementos, se hizo un análisis e integración, obteniendo la caracterización regional de las aguas de la cuenca y algunas conclusiones importantes.

Posteriormente se realizó la descripción de las unidades hidrogeológicas y del marco conceptual hidrogeológico.

Finalmente se integró, analizó e interpretó toda la información obteniendo el marco geológico y geohidroológico de la cuenca, su descripción es motivo del presente trabajo.

### 1.3 ESTUDIOS PREVIOS

Existen muchos trabajos previos, ya que han sido varias las empresas e instituciones oficiales y particulares y varios también los objetivos. Sin embargo, cabe resaltar la participación de CFE y PEMEX, cuyas aportaciones han sido relevantes desde el punto de vista geotérmico, petrolero, así como investigaciones recientes en cuanto a génesis e interpretación del Eje o Faja Neovolcánica Mexicana.

En lo referente a trabajos geohidrológicos, realizados se mencionarán los más relevantes; en 1964 la extinta Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México (CHCVM), realizó un estudio cuyo objetivo fue conocer la disponibilidad de agua subterránea, considerándose a partir de este trabajo como un potencial futuro para el abastecimiento de agua potable a la Cd. de México. Otros estudios con enfoque geohidrológico de empresas particulares de: Proyesco que realizó en 1979 el "Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona de Zalayeta"; I.T.S.S.A. realizó "Actividades de Carácter Geohidrológico Complementario en el Valle de Puebla y Cuenca de Oriental en el Edo. de Puebla" en 1985. Otro más es el "Estudio Geohidrológico de los Humeros-Las Derrumbadas, estados de Puebla y Veracruz" realizado por Fidel Cedillo de C.F.E. lo llevó a cabo en 1984.

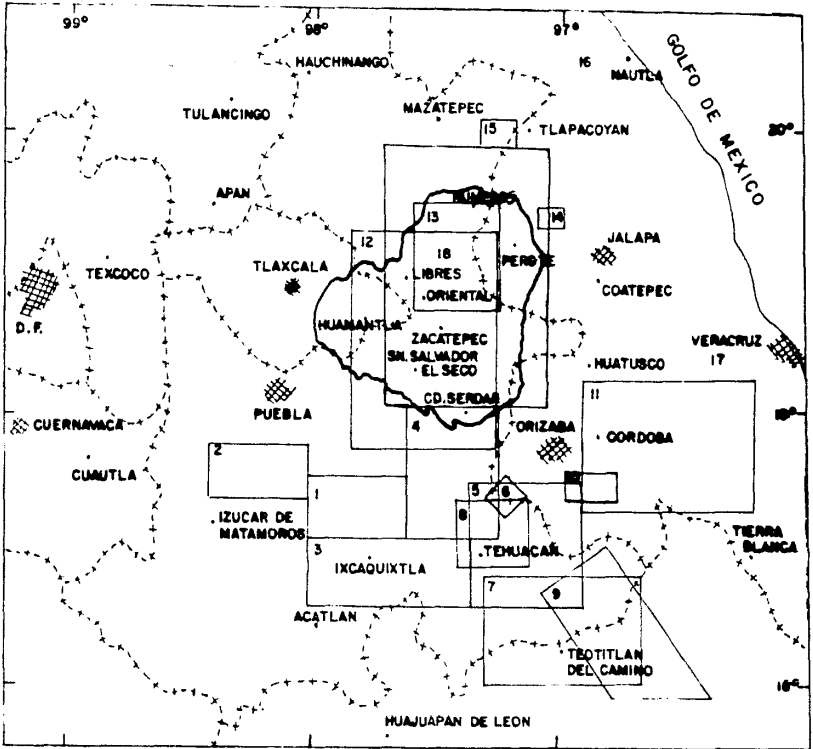
Petróleos Mexicanos ha realizado varios prospectos, en el área destacan el "Prospecto Zacatepec" realizado por Salazar Mandujano en 1969, el "Prospecto Tepeyehualco" estuvo a cargo de Baltazar Chongo Olfer en 1982, cuyo objetivo principal fue estudiar las rocas sedimentarias para conocer su potencial desde el punto de vista petrolero.

Comisión Federal de Electricidad también ha realizado muchos estudios y con diferentes objetivos en la zona, desde geológicos regionales por Camilo Yáñez y García Durán en 1982 "Exploración de la región geotérmica Los Humeros-Las Derrumbadas estados de Puebla y Veracruz"; Ferriz y Mahood en 1986, realizaron el estudio llamado "Vulcanismo Riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano"; en cuanto a las condiciones estructurales tanto en la Caldera Humeros como gran parte de la cuenca, Garduño, Monroy, Romero, Torres, en 1985, realizaron un "Estudio de teledetección en la región Libres-Oriental (Pue-Ver); los mismos autores realizaron otro trabajo "Análisis estructural del Campo Geotérmico de los Humeros, Puebla"; Garduño y Campos en 1987, integran la información geológico-estructural y geofísica en el trabajo "The shallow structure of los Humeros and Las Derrumbadas Geothermal Fields, México".

También C.F.E. realizó estudios: petrográficos, geoquímicos, geofísicos, entre los que figuran los de prospección eléctrica, gravimétrica, magnetométrica, telúrico entre otros.

El Instituto Nacional de Antropología e Historia participa en el estudio de zona con los trabajos de Reyes Cortés en 1979 y Gasca Durán en 1981.

En la fig.(1.1) se tiene la ubicación de los trabajos más importantes, que sirvieron de apoyo en la elaboración del presente, con su correspondiente columna estratigráfica, que se muestra en la tabla de correlación estratigráfica tabla No.111.4



**SIMBOLOGIA**

- CIUDAD
- POBLACION
- LIMITE ESTATAL
- AREA DE ESTUDIO
- AREA DE ESTUDIOS PREVIOS
- No. DE ESTUDIO
- VER TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. 1.1 ESTUDIOS PREVIOS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

## RELACION DE ESTUDIOS PREVIOS EN EL AREA DE ESTUDIO

- 1.- Toriz Gama J., 1983, "Prospecto Tepexi", PEMEX.
- 2.- Sosa Patrón A., Monroy Fernández M., 1984, Estudio estratigráfico estructural de la sierra del Tentzo. Edo. de Puebla. Tesis Profesional. Esc. Sup. de Ing. y Arq., I.P.N.
- 3.- Avellaneda Guerrero et, al, 1987, Estudio geológico del área Tehuacán-Ixcaquixtla, Edo. de Puebla. Tesis Profesional. Esc. Sup. de Ing. y Arq., I.P.N.
- 4.- Toriz Gama J., 1985, "Prospecto Cuesta Blanca", PEMEX.
- 5.- Toriz Gama J., 1984, "Prospecto Chazumba-Atzopa", PEMEX.
- 6.- Alzaga Ruiz H., Santamaría D., 1985, Estudio estratigráfico sedimentológico "Prospecto Azumbilla", I.M.P.
- 7.- Barricentos Alejandro F., 1985, Estudio geológico regional de la porción de la sierra Mazateca, Valle de Tehuacán y sierra de Atzingo. Tesis Profesional, Esc. Sup. de Ing. y Arq., I.P.N.
- 8.- Sánchez M. V., 1983, Reconocimiento geológico de la porción de la Paleopenínsula de Oaxaca. Tesis Profesional, Esc. Sup. de Ing. y Arq., I.P.N.
- 9.- Sales Ramón J., 1977, Estudio geológico de detalle estratigráfico de una porción de la cuenca de Zongolica, entre los estados de Puebla y Oaxaca.
- 10.- Vazquez Perez J.A., 1975, Estudio de detalle estratigráfico del área de Zongolica Ver., Tesis Profesional, Esc. Sup. de Ing. y Arq., I.P.N.
- 11.- Sandoval Baldir A. J., 1980, Estudio geológico de la porción norte de la plataforma de Córdoba área Fortín Mata-Espino Edo. de Veracruz.
- 12.- Salazar Mandujano S., 1969, Estudio geológico regional "Prospecto Tacatepec". Zona Poza Rica Ver., PEMEX.
- 13.- Baltazar Chongo Olier, 1982, Informe final de detalle estratigráfico "Prospecto Tepeyehualco, Zona Poza Rica, Ver., PEMEX.
- 14.- Baltazar Chongo Olier, 1981, Informe geológico final de detalle estratigráfico "Prospecto Las Minas", Zona Poza Rica, Ver., PEMEX.

- 15.-Lopez-Rubio J.M., 1965, Río Laxaxalpa y Plan de Arroyos, columna tomada del estudio de Yañez y García, 1982.
- 16 y 17.- Schlumberger-PEMEX, 1984, Evaluación de las formaciones en México.
- 18.-Presente trabajo.
- 19.-Yañez y García Durán,1980, Exploración de la región geotérmica Los Humeros-Las Derrumbadas estados de Puebla y Veracruz, Comisión Federal de Electricidad.
- 20.- ITS.S.A.,1985, Actividades de carácter geohidrológico complementario en el valle de Puebla y cuenca de Oriental en el estado de Puebla, tomo I y II, contrato No. CRISH-85-09-E.

## II. GENERALIDADES

### 11.1. LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA.

La zona de estudio políticamente abarca parte de los estados de Tlaxcala, Puebla y Veracruz. Se ubica al oriente de la Cd. de México a unos 140 km en línea recta, al NE de Puebla y de Jalapa capital veracruzana al poniente fig (11.1).

Es una cuenca de forma irregular, cuyos límites naturales lo constituyen los parteaguas de las grandes sierras y enormes estructuras volcánicas y sedimentarias que la circundan, el Pico de Orizaba, Cofre de Perote y sierra de Citlaltépetlla limitan al oriente, al norte Los Humeros, al sur sierra de Soltepec, al poniente La Maliche y sierra de Tlaxco. Tiene una superficie aproximada de 5400 km<sup>2</sup>, cuyas coordenadas geográficas aproximadas son:

18 55' Y 19 43' Latitud Norte

97 08' Y 98 02' Longitud oeste del meridiano  
de Greenwich.

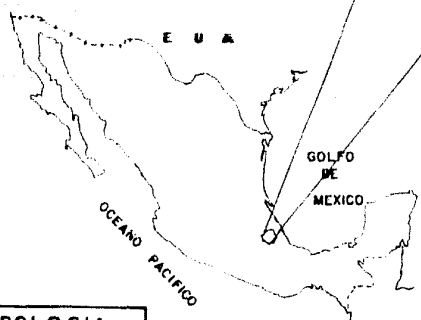
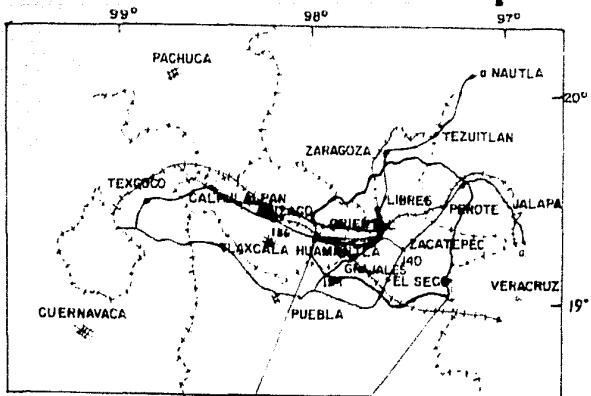
Abarca 11 hojas DETENAL escala 1: 50,000, 4 cubiertas totalmente y son las hojas Xonacatlán, Guadalupe Victoria, San Salvador El Seco y Huamantla, 7 cartas parcialmente: Mexcaltepec, Perote, Xico, Coscomatepec, Tepatlaxco, Tlaxcala y Puebla.

### 11.2. VIAS DE COMUNICACION Y ACCESO.






Es una zona con facil acceso, ya que la cruzan varias carreteras federales, fig.(11.1).

No. 140	D.F.-Puebla-San Salvador El Seco-Perote-Jalapa-Veracruz
No. 129	D.F.-Puebla Grajales-Libres-Teziutlán-Nautla
No. 136	D.F.-Texcoco-Calpulalpan-Apizaco-Huamantla Veracruz

Hay un entonque de dos carreteras la No. 129 y 136 a la altura del poblado de El Carmen, también existen gran cantidad de terracerías que pemiten el acceso entre las pequeñas poblaciones y que son transitables todo el año.



### SIMBOLOGIA

-  CIUDAD
-  POBLACION
-  LIMITE ESTATAL
-  AREA DE ESTUDIO
-  CARRETERA
-  FERROCARRIL

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. 11.1 LOCALIZACION Y ACCESO	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDO:	
	TESIS PROFESIONAL	1990



Las vías férreas existentes son:

D.F.-Apizaco-Huamantla-Grajales-Córdoba-Veracruz

D.F.-Oriental-Zaragoza-Teziutlán

D.F.-Oriental-Perote-Jalapa-Veracruz.

Los principales poblados cuentan con teléfono, telégrafos, correos, servicios públicos indispensables y únicamente servicios bancarios en Perote.

No hay aeropuertos ni pista para aviones pequeños siendo la más próxima la de Jalapa, Ver.

### 11.3. POBLACION Y CULTURA

La cuenca de Oriental abarca parte del estado de Tlaxcala particularmente los municipios de Terrenate, Xalostoc, Tzonpantepec, Huamantla, Actzayanca, Ixteco y Citlaltépetl; del estado de Puebla los municipios de Ixtacamaxtitlán, Tlatlauquitepec, Chignautla, Xiutetelco, Cuyoaco, Tepeyehualco, Ocotepec, Libres, Oriental, Guadalupe Victoria, La Fragua, Tlachichuca, Malpais, San Salvador El Seco, San José Chiapa, Rafael Lara Grajales, Nopalucan, Acajete, Soltepec, Mazapiltepec de Juárez, Gral. Felipe Angeles, San Juan Atenco, Aljojuca, Cd. Serdán, Texmelucan, Quechulac, Palmar de Bravo; en el estado de Veracruz los municipios de Jalacingo, Perote, Ayahualulco, siendo un total de 38 municipios que parcial o totalmente la cubren y cuyos poblados más importantes son las cabeceras municipales, donde se tienen las mejores condiciones de vida.

Los niveles de educación más altos son el de Preparatoria y escuelas de Comercio únicamente en Perote.

### 11.4. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

La zona presenta escasez de agua superficial y aprovechamientos superficiales, factor que influye en que su economía sea vulnerable. Dentro de las principales actividades que se desarrollan en el área se tiene en primer término la agricultura y ganadería. La agricultura en su mayor parte es de temporal, la

de riego y humedad residual están en menor proporción, predomina la agricultura mecanizada, también existe la agricultura tradicional siendo frecuente el uso de elementos rústicos y la tracción animal, en contraste con la pequeña propiedad en la que se utiliza maquinaria agrícola debido a la superficie de terreno y a los recursos económicos.

Los principales cultivos son maíz, frijol, alfalfa, trigo, haba y papa, los productores de este último cultivo son los poblados de La Fragua, Guadalupe Victoria y en las faldas de la sierra Citlaltépetl, el poblado de Zalayeta comercializan la papa, también y de manera secundaria avena, sorgo, nabo, chicháro, calabaza y lenteja.

Es notorio observar que hacia la porción norte del área, en Perote hay bajas producciones agrícolas, debido al ausente sistema de riego, a la corta temporada de lluvias y a las fuertes heladas.

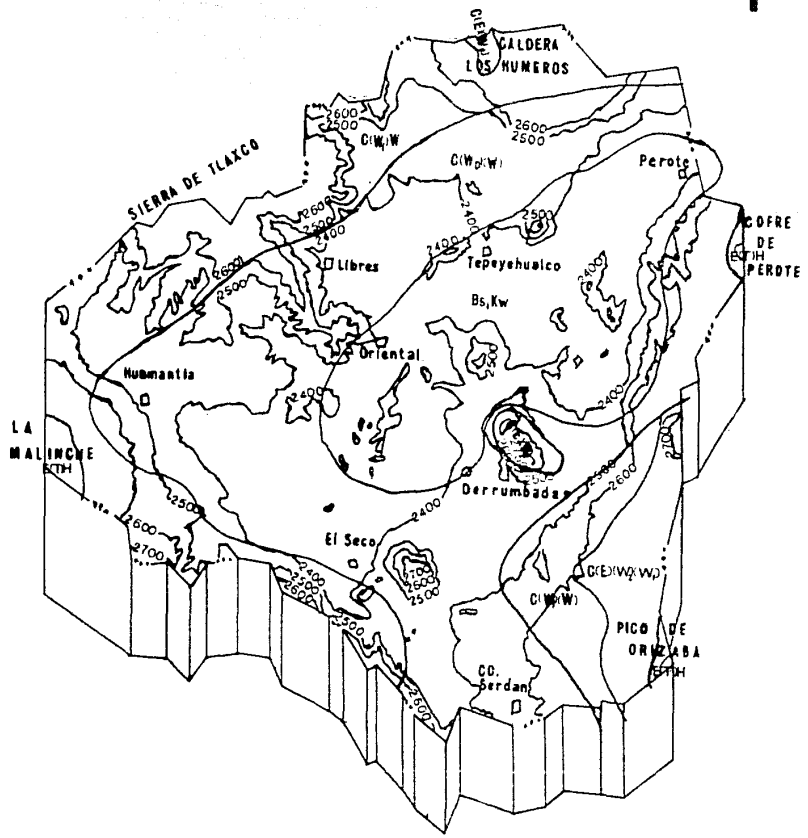
La ganadería en el área está principalmente orientada al ganado vacuno, existiendo centros lecheros importantes, así también pastoreo caprino, ovino; el avícola es limitado.

En Perote el comercio y elaboración de carnes frías y productos lácteos es muy importante; empacadoras de conservas alimenticias y fábrica elaboradora de malta en Rafael Lara Grajales y El Carmen, así como, una planta de la Nestlé en Libres y Oriental; también los talleres de Ferrocarriles de México y una fábrica de durmientes y postes en Perote, contribuyen en la industrialización de la zona.

La extracción de materiales para la construcción como son arenas, canteras, el procesamiento y extracción de hormigón (lapilli). Grandes atractivos presenta la zona y el turístico no podía ser la excepción, al visitar los axalapascos de Alchichica, Aljojuca, Quechulac y La Preciosa y algunos manantiales como son El Carmen, Zoatzingo, El Tesoro; las ruinas arqueológicas de Caltonac, la Fortaleza de San Carlos cerca de Perote, que es una grandiosa construcción y que actualmente es la cárcel estatal, así como la imponente vista del Cofre Perote y Pico de Orizaba.

## 11.5. CLIMA

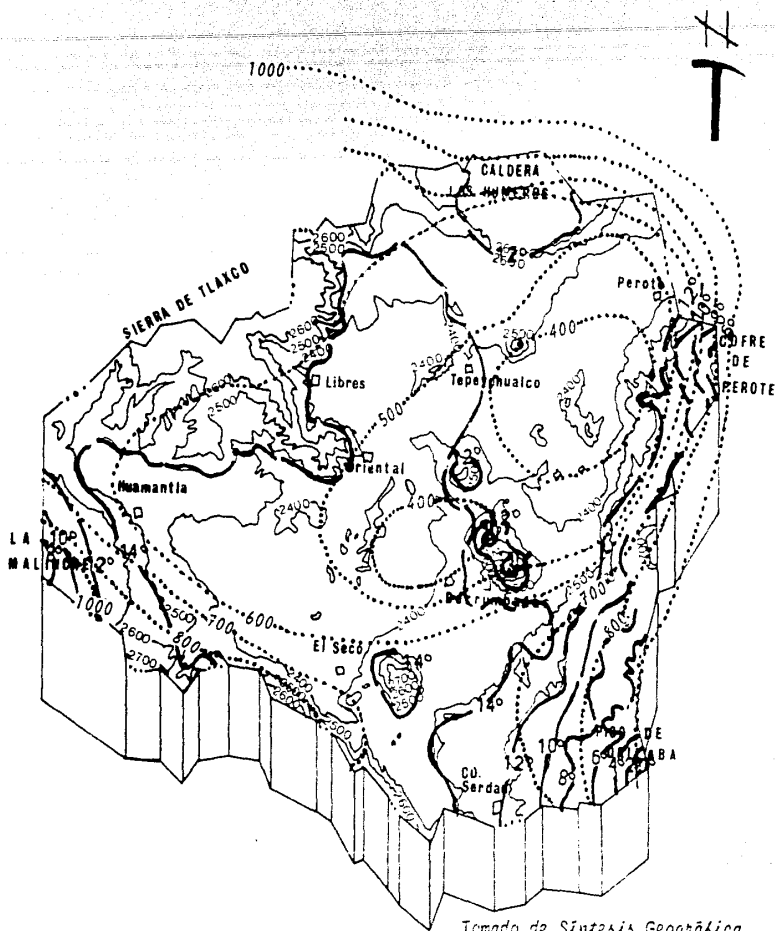
En la cuenca se distinguen 3 tipos principales de climas a saber: seco, templado y frío, de acuerdo con Köppen y modificado por Enriqueta García en 1964. Se distribuyen de la siguiente forma (fig. 11.2):



Tomado de Síntesis Geográfica  
del Edo. de Puebla. S.P.P. 1987.

SIMBOLOGIA	
Bs, Kw	= Clima semiseco templado.
C(Wn)(W)	= Clima templado subhúmeda.
n = 0, 1, 2 ...	aumento del grado de humedad.
C(E)(W)	= Clima semifrío subhúmedo.
E(T)H	= Clima frío y muy frío.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. II.2 MAPA DE CLIMAS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990



Tomado de Síntesis Geográfica del Edo. de Puebla. S.P.P. 1987.

**SIMBOLOGIA**

— 12° — Curva de Isotherma Media Anual.  
(en grados centígrados)

.....600.....Curva de Isoyeta Media Anual  
(mm).

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.II.3 ISOTERMAS E ISOYETAS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Dentro de los climas secos se tiene el semiseco templado con lluvias en verano, el porcentaje de precipitación invernal varía entre 5 y 10.2 con verano fresco, abarca la planicie de la cuenca, incluye las lagunas El Carmen y Tepeyahualco, hasta Perote, la precipitación media anual es de 400 a 500 mm, que corresponden a la precipitación más escasa o mínima en la zona de estudio, la temperatura media anual en la planicie varía de 12° a 14° C, ver fig.(11.3).

El clima predominante en el resto del área es el templado subhúmedo, con lluvias en verano y un porcentaje menor a 5 de precipitación invernal, el contenido de humedad aumenta hacia las estribaciones de la sierras o elementos que circundan o constituyen los límites naturales, al igual que la humedad, la precipitación media anual aumenta con la elevación y oscila desde 500 hasta 1000 mm, la temperatura media anual tiene un comportamiento inverso encontrando los menores valores 0°C en el Pico de Orizaba y hacia la planicie aumenta hasta 14°C.

En las elevaciones montañosas se encuentran el tercer tipo de clima y corresponde a los fríos y muy fríos o de alta montaña, donde se tienen también las máximas precipitaciones, con una media anual de 1000 mm, y las temperaturas más bajas como ya se mencionó (0°).

La vegetación en la cuenca es raquítica, encontrando zacate que simula estepa caracterizada por plantas herbáceas y xerófitas. En la sierra se tiene vegetación de coníferas en sus distintas familias. Las cortinas rompevientos las conforman sauces y oyameles.

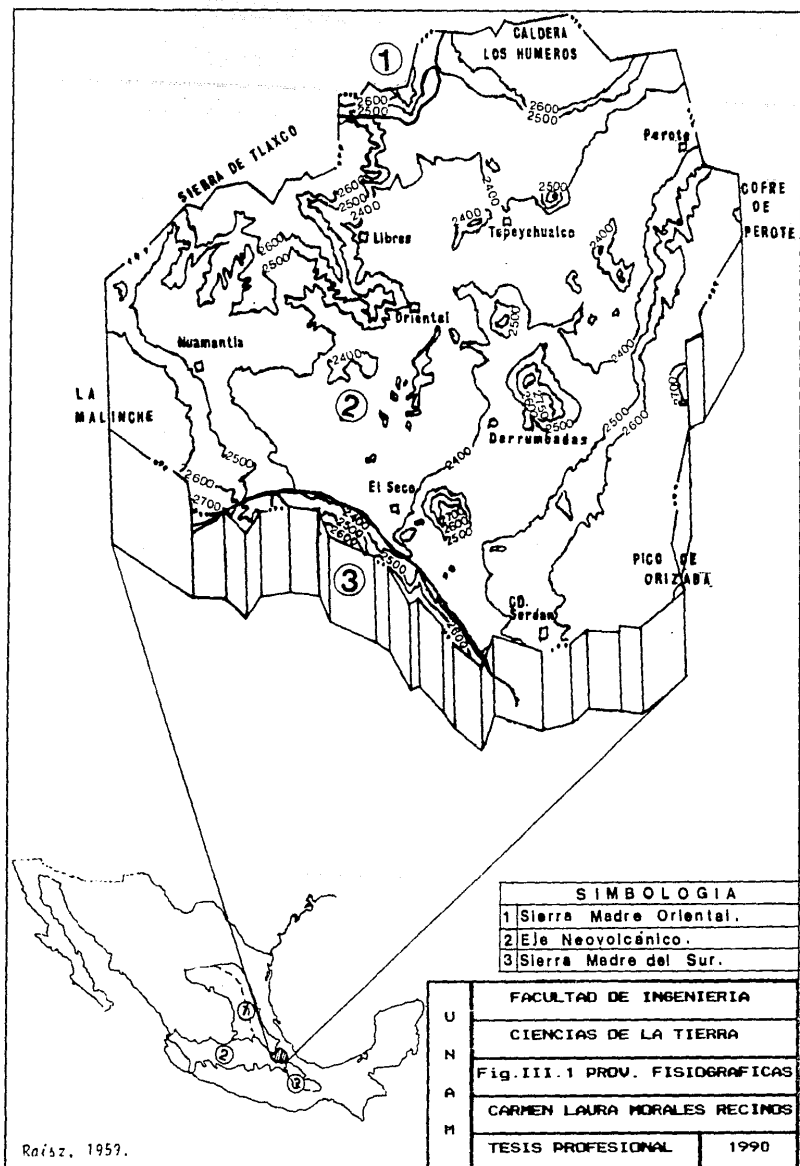
### III. GEOLOGIA

#### III.1. GEOMORFOLOGIA Y FISIOGRAFIA

Dentro de las provincias fisiográficas de Raisz (1959) el Eje Neovolcánico cubre casi el 90 % del área, el resto la cubre, al NW, una pequeña porción meridional de la provincia Sierra Madre Oriental, en la subprovincia de Sierras Altas y por el sur, la porción septentrional de la provincia Sierra Madre del Sur, subprovincia de Sierras del Noreste. fig. (III.1).

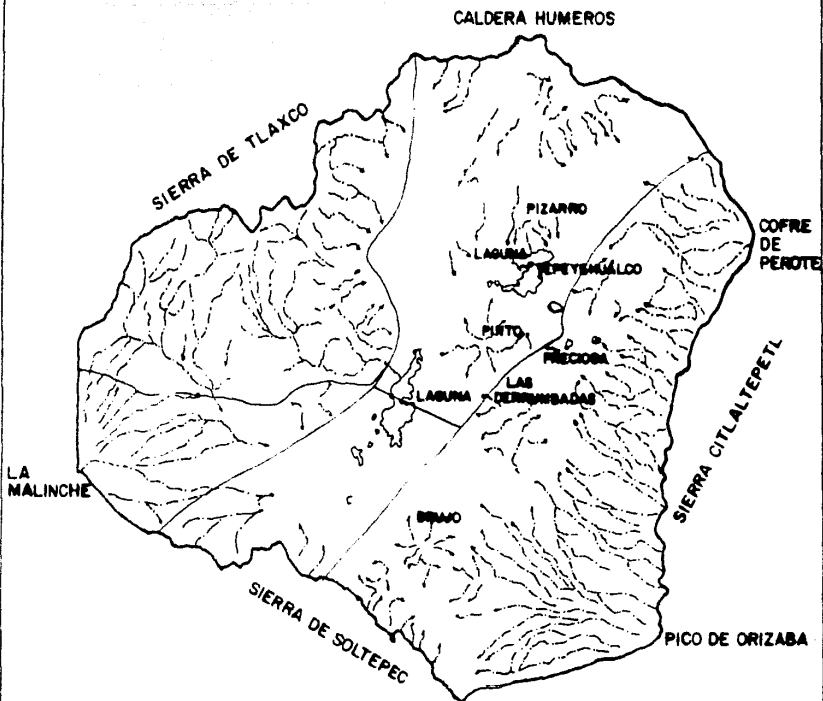
La zona de estudio se considera una gran cuenca cuyos límites naturales lo constituyen las cimas de grandes estructuras volcánicas y sedimentarias presentes en el área. El límite oriental lo constituye la alineación del Cofre de Perote, Pico de Orizaba y Sierra Citlaltépetl, orientadas sensiblemente NE-SW, con una longitud de 50 km, las altitudes varían a lo largo de la sierra desde 5610 msnm del Pico de Orizaba, y cerca del poblado Tlalconteno desciende hasta 2900 msnm, vuelve a ascender a la cima del Cofre de Perote a 4250 msnm, constituidos principalmente por andesitas, andesitas basálticas y basaltos así como tobas; sus laderas tienen pendientes de moderadas a fuertes y se van suavizando conforme se desciende a la planicie, los ríos ó corrientes son intermitentes y presentan una red tipo subparalelo en la sierra de Citlaltépetl, los estratovolcanes que conforman los extremos presentan drenaje radial centrífugo, ver fig.(III.2.); al poniente la zona queda limitada por la enorme estructura volcánica La Malinche, cuya elevación es de 4460 msnm, es de composición andesítica y presenta el mismo drenaje, que los estratovolcanes, sus laderas son de pendiente moderada a suave. La gran caldera Los Humeros constituye el límite septentrional, su altura máxima es de 3150 msnm, materiales piroclásticos en alternancia con derrames y domos riolítico constituyen el cuerpo de esta estructura, tiene un diámetro aproximado de 15 km, su drenaje es intermitente, radial centrífugo; constituyendo el límite NW de la cuenca se encuentra la sierra de Tlaxco con 3300 msnm de elevación máxima, presenta una alineación montañosa conocida como sierra de Las Animas con orientación NW-SE, compuesto por andesitas y tobas, su drenaje es dendrítico, más al poniente frente a La Malinche se presenta la sierra como una meseta escalonada que desciende paulatinamente de norte a sur, es de cimas planas, su drenaje es paralelo.

Las anteriores estructuras presentan rasgos morfológicos y litología característica de La Faja o Eje Neovolcánico. La sierra de Soltepec cuya morfología y litología la define como parte de la Sierra Madre del Sur fig.(III.1), es una estructura sedimentaria de rocas carbonatadas sumamente afectadas tectónicamente, se alinea en dirección NW-SE, su flanco oriental



SIMBOLOGIA	
1	Sierra Madre Oriental.
2	Eje Neovolcánico.
3	Sierra Madre del Sur.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.1 PROV. FISIOGRAFICAS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990



### SIMBOLOGIA



AREA DE ESTUDIO



CORRIENTES INTERMITENTES



CARRETERA

	FACULTAD DE INGENIERIA	
U	CIENCIAS DE LA TIERRA	
N	Fig. III 2 MAPA DE DRENAJE	
A	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
M	TESIS PROFESIONAL	1990



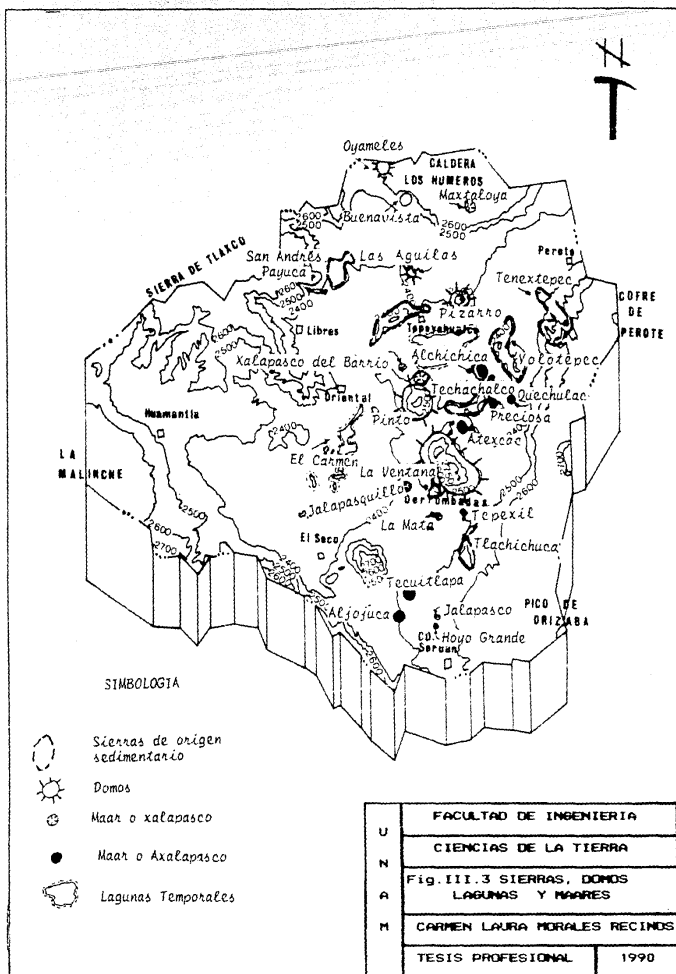
constituye parte de la cuenca y cuyas laderas de pendiente fuerte cortan la planicie bruscamente, delimitando una posible zona de falla, su drenaje es paralelo, y su longitud aproximada es de 55 km, tiene una elevación máxima de 2950 msnm, su parteaguas constituye el límite sur de la cuenca.

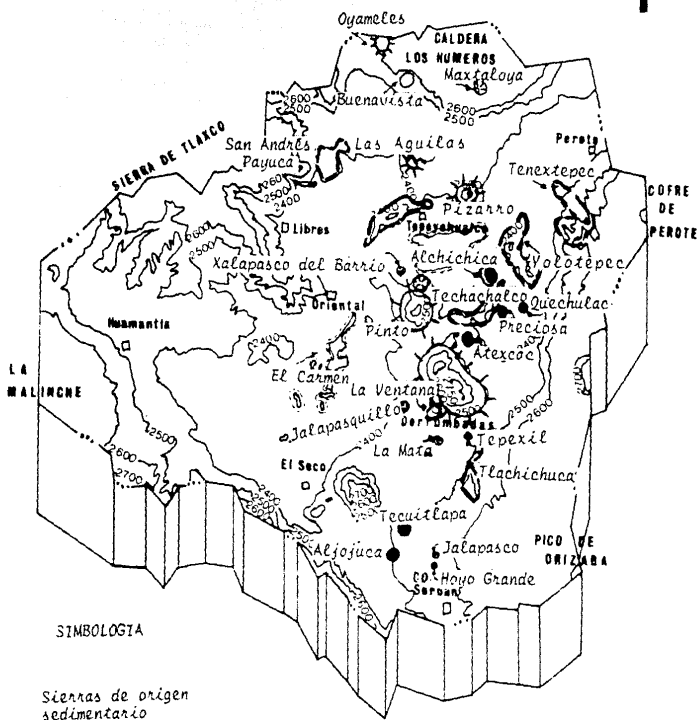
Al centro se observa una extensa planicie a 2350 msnm de altitud promedio, en la que sobresalen algunas elevaciones, cerros y sierras aisladas de origen sedimentario y volcánico, así como zonas lacustres temporales y someras.

Las pequeñas sierras de origen sedimentario presentan en general una forma alargada y orientación NE-SW, NW-SE y N-S, con elevaciones promedio del orden de 2600 a 2900 msnm, constituidas por rocas carbonatadas intensamente plegadas, falladas y fracturadas por lo que sus laderas presentan pendientes fuertes y escabrosas, de las que descienden pequeñas corrientes intermitentes hasta el nivel de base local, esta pequeñas sierras se presentan como testigos de una intensa actividad a la que estuvieron sometidas antes de que quedaran sepultadas en su mayor parte por la cobertura ó carpeta terciaria volcánica, las cuales adoptan su nombre por encontrarse en las inmediaciones del poblado más importante ó más cercano. A continuación se presenta la tabla No.111.1 donde se muestran sus características y en la fig. (111.3) se observan ubicadas.






TABLA No.111.1

NOMBRE DE LA SIERRA	ORIENTACION	ELEVACION M. S. N. M.	LONGITUD KM.
SAN ANDRES PAYUCA	NE-SW	2700	3.5
TEPEYEHUALCO	NE-SW	2660	10
YOLOTEPEC	NW-SE	2600	10
TENEXTEPEC	NW-SE	2900	9
TECHACHALCO	NE-SW	2650	7
LA VENTANA	N-S	2600	4
TLALCHICHUCA	N-S	2900	7





SIMBOLOGIA

-  Sierras de origen sedimentario
-  Domos
-  Maar o xalapasco
-  Maar o Axalapasco
-  Lagunas Temporales

	FACULTAD DE INGENIERIA	
U	CIENCIAS DE LA TIERRA	
N	Fig. III.3 SIERRAS, DOMOS	
A	LAGUNAS Y MAARES	
M	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Otros cerros de forma d6mica que sobresalen en la planicie son los domos, constituidos por material igneo riol6tico 6 riodacitico, principalmente. De acuerdo a su g6nesis estas estructuras presentan pendientes abruptas y un drenaje intermitente radial fig.(111.2), son conocidos como:

LAS DERRUMBADAS con altitudes de 3400-3490 msnm.  
 PINTO y PIZARRO con 3000 y 3100 msnm respectivamente.  
 LAS AGUILAS al sur de Los Humeros y  
 OYAMELES que se encuentra en La Caldera Humeros.  
 fig.(111.3)

Otro de los rasgos morfol6gicos sobresalientes en la planicie es la presencia de maares, 6 calderas de explosi6n que son de tres tipos: fre6tica , freatomagm6tica y magm6tica y las tres tienen manifestaci6n en el 6rea, todas son fre6ticas exceptuando la del cerro Pinto que es magm6tica y San Miguel Tecuitlapa que es freatomagm6tica, adem6s dependiendo de la presencia del agua se llaman del N6huatl, axalapazcos 6 xalapazcos (con y sin agua respectivamente), dando un paisaje de aspecto lunar. Se han reconocido 15 estructuras y se encuentran ubicadas hacia la porci6n oriental y norte, se enlistan a continuaci6n en la Tabla No.111.2

TABLA No.111.2

AXALAPAZCOS (vasija de arena con agua)

NOMBRE	PROF. EN LAS LAGUNAS	DIMENSIONES
ALCHICHICA	70.0 M	2.30 KM X 2.0 KM
QUECHULAC	44.0 M	1.25 KM X 1.0 KM
LA PRECIOSA	64.0 M	1.50 KM X 1.0 KM
ATEXCAC	44.0 M	1.25 KM X 1.0 KM
ALJOJUCA	54.0 M	1.25 KM X 1.0 KM
SAN MIGUEL TECUITLAPA	8.0 M	1.50 KM X 1.25 KM

XALAPASCOS (vasija de arena sin agua)

BUENAVISTA	-----	2.0 KM X 1.5 KM
XALAPAZCO DEL BARRIO	-- ----	2.25 KM X 2.0 KM
CERRO PINTO	-----	2.50 KM X 2.25 KM
XALAPAZQUILLO O TEPEXIL	-----	1.0 KM X 1.0 KM
XALAPAZQUILLO	-----	0.75 KM X 0.75 KM
XALAPAZQUILLO DE LA MATA	-----	0.50 KM X 0.50 KM
XALAPAZCO DE LA HACIENDA	-----	1.0 KM X 1.0 KM
EL HONDO GRANDE	-----	1.0 KM X 1.0 KM
XALAPAZCO MAXTALOYA	-----	1.2 KM X 1.6 KM

Los datos de la tabla fueron tomados del estudio de Yáñez y García 1982, a excepción del último que se sumó en este trabajo.

Las zonas lacustres temporales más importantes y de mayor extensión son las de Totolcingo ó El Carmen así como la de Tepeyehualco, o El Salado que constituyen el nivel base local fig. (111.3).

Es importante mencionar los derrames al sur de la caldera Los Humeros que son muy recientes y que presentan un paisaje de malpaís, son derrames basálticos tipo "aa", con frentes escarpados de hasta 4 m, no tienen desarrollo de corrientes debido a su alta porosidad y permeabilidad. Otro malpaís (que sobresale por su altitud) es el cerro El Brujo con 2900 msnm que se encuentra al este de San Salvador El Seco, existen otros elementos menores, derrames lavicos así como pequeñas estructuras volcánicas que por sus dimensiones no se detallan.

## 111.2 GEOLOGIA REGIONAL

La cuenca de Oriental se encuentra en la porción más este de la Faja Volcánica Mexicana, la cual corta transversalmente el país en los paralelos 19° y 21° latitud norte.

La Faja Volcánica Mexicana tiene una orientación E-W que atraviesa la parte central del país, en el extremo occidental traslapa con la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental, en la porción este y donde precisamente es motivo de estudio con la Sierra Madre Oriental y la Provincia Volcánica Oriental, denominada así por Demant y Robin (1975) fig.(111.4)(provincia cuya composición es alcalino-toleítico, la cual se manifiesta a lo largo de la costa del Golfo de México, característica que difiere de la considerada composición calcialcalina de la Faja Volcánica Mexicana).

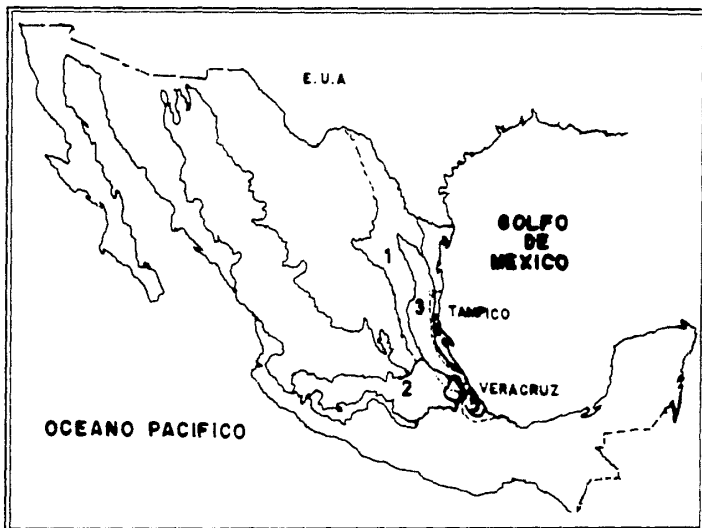
Los elementos que constituyen la Faja Volcánica Mexicana son: a) Los grandes estratovolcanes andesíticos, b) Centros volcánicos silícicos y c) Extensos campos de conos cineríticos basálticos y andesíticos, así como numerosas manifestaciones de derrames y volcanes aislados, en el área se tienen los 3 tipos.

a) Los grandes estratovolcanes constituidos por vulcanismo andesítico, orientados N-S, en el área se encuentra el Cofre de Perote, Fico de Orizaba, La Malinche. La característica de los volcanes de la porción meridional de la FVM es que conservan su morfología volcánica original a diferencia de los volcanes septentrionales que se caracterizan por edificios profundamente erosionados; aparentemente la actividad andesítica parece haber migrado hacia el sur a lo largo de estos alineamientos.

b) Son 5 los centros volcánicos silícicos principales que se encuentran a lo largo de la FVM, y son: La Primavera Jal., Los Azufres Mich., Amealco Dro., Huichapan Hgo. y uno muy importante y que se encuentra en el área de estudio es Los Humeros Pue., localizados todos en la porción norte a lo largo de la faja, detrás del frente definido por los volcanes andesíticos activos.

El vulcanismo silícico tiene 2 implicaciones importantes: 1) Riesgo volcánico y 2) Energía geotérmica. Los Humeros es un prospecto actualmente en exploración por C.F.E. y se localiza en el límite norte de la cuenca.

c) Los conos cineríticos se encuentran como rasgos aislados rodeando los volcanes andesíticos y a los centros volcánicos silícicos, característica manifiesta también en la zona.



**SIMBOLOGIA.**

- |                                   |
|-----------------------------------|
| 1. Sierra Madre Oriental.         |
| 2. Faja o Eje Volcánico Mexicano. |
| 3. Provincia Oriental.            |
| 4. Cuenca Tampico-Misantla.       |
| 5. Cuenca de Veracruz.            |

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.4 GEOLOGIA REGIONAL	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Moseer (1972) considera que La Faja Volcánica Mexicana tiene un arreglo zigzagueante debido a un fracturamiento ortogonal en dirección noroeste-noreste, las fracturas o zonas de debilidad con orientación noreste parece ser que están relacionadas a

movimientos transcurrentes, principalmente en la porción oriental y central; al poniente del área de estudio se encuentra una falla considerada transcurrente, que permitió el emplazamiento de la sierra de Citlaltepétl, Fico de Orizaba y Cofre de Perote.

En cuanto al origen de la Faja Volcánica Mexicana, ha sido muy discutido y existen varias hipótesis que tratan de explicar su génesis, dentro de las más aceptadas se han dividido en 3 grupos y se presentan a continuación:

1) Hipótesis que relaciona la actividad volcánica con una zona estrecha de debilidad cortical (Humboldt 1867), tal como la extensión continental de fracturas oceánicas (Menard 1955), una zona de sutura entre bloques cratónicos (Moseer 1969, 1972), fallas de desplazamiento lateral (Gastil y Jensky, 1973, Le Pichon y Fox 1971), o una zona de incipiente extensión continental (Steward 1971, Moseer et al. 1974).

2) Hipótesis que asocia el magmatismo al proceso de subducción de la Placa de Cocos (Urrutia y del Castillo 1977; Couch y Woodcock, 1981; Molnar y Sykes, 1969; Nixon 1982) y que atribuyen la falta de paralelismo entre el eje y la trincheras o fosa mesoamericana a procesos tales como cambios a lo largo de la trincheras en la velocidad de subducción, en el ángulo de subducción, o en el espesor y edad de la placa oceánica, o a cambios durante los últimos millones de años en la velocidad y orientación de subducción.

3) Hipótesis que atribuye la orientación de la FVM al régimen de esfuerzos corticales inducido por la combinación del proceso de subducción a lo largo de la trincheras mesoamericana, y el desplazamiento relativo entre las placas Norteamericana y del Caribe (Demant, 1978, 1981; Shurbet y Cebull, 1984).

La mayoría de los autores consideran que la actividad del FVM se inició en el Oligoceno y ha continuado al Reciente. En esta actividad se han reconocido dos ciclos principales: uno del Oligo-Mioceno y otro Plio-Cuaternario.

Como ya se mencionó existe un traslape con la Provincia Alcalina Oriental, es decir, dos provincias volcánicas diferentes están superpuestas la calcalcalina asociada a la migración E-W de la FVM y la provincia alcalina que migró de N a S paralela a la costa este.



De los análisis químicos efectuados en las rocas desde la planicie costera (Veracruz) hasta Las Derrumbadas, se han efectuado varias interpretaciones e hipótesis; una de las recientes y que engloba las características de trabajos anteriores es la que presentan Torres, Martínez y Silva M. en 1988, y que a continuación se mencionan las características más importantes:

La distribución del magmatismo, permitió detectar una migración este a oeste desde Palma Sola (Veracruz) hasta la zona de las Derrumbadas, desde el Mioceno medio hasta el Holoceno.

La composición química de las rocas presenta variaciones en tiempo y espacio, desde alcalino-toleítica en Palma Sola, alcalino-calcialcalina en Jalapa-Actopan y calcialcalina predominante con algunas manifestaciones alcalinas en la región de las Derrumbadas, tabla 111.3.

De acuerdo a las características geoquímicas y estructurales de la porción oriental de la FVM, se ha interpretado como la coexistencia de diversos procesos tectono-magmáticos que no permiten ajustar un solo modelo. Las estructuras volcánicas y las rocas de la región de Palma Sola no pueden considerarse como la prolongación oriental de la FVM, sino que están asociadas directamente a la Provincia Alcalina Oriental que definió Demant y Robin (1975), aparentemente estas rocas se relacionan con fracturas corticales profundas de dirección NE, que podrían ser heredadas de los procesos tectónicos asociados a la evolución del golfo de México. El área de Jalapa-Actopan puede considerarse como una zona de transición o hibridación del magmatismo, ya que coexisten rocas alcalinas y calcialcalinas de edades semejantes. Hacia el occidente en la zona de Cofre de Perote-Pico de Orizaba-Las Derrumbadas, el magmatismo es francamente calcialcalino y su origen esta estrechamente relacionado con la FVM, debido a la subducción de la placa de Cocos bajo la Norteamericana, por lo que concluyen que el límite oriental esta ubicado en la zona de hibridación o transición del magmatismo.

Regionalmente se observa la presencia de unos elementos estructurales importantes y son las Sierra Madre Oriental que presenta una dirección NW-SE, la cuenca terciaria de Tampico Mizantla al este de la SMO y al NE del área, la cuenca de Veracruz al este del frente plegado de la SMO y SE del área y la sobreposición de Faja Volcánica Mexicana que corta en dirección E-W.

La Sierra Madre Oriental presenta una secuencia constituida por un basamento del Paleozoico Tardío, al que le sobreyacen depósitos continentales del Triásico-Jurásico; una secuencia terrígena carbonatada se depositó posteriormente, y la sobreyace una secuencia terrígena; en algunos lugares se encuentran volcánicos del Jurásico Medio y que son considerados de

**Tipos de rocas y características químicas de los magmas de la porción oriental de la FVT.**

LOCALIDAD	Ida de las Derrumbadas	Cerro de Perote - Pico de Orizaba	Jalapa - Actopan	Palma Sola
	Rocas calcálcicas: andesitas (monogénicas) andesitas basálticas y basaltos.	Rocas alcalinas escasas: hawaitas	Rocas alcalinas: basaltos alcalinos y hawaitas Rocas calcálcicas: basaltos	Rocas alcalinas subalcalinas hawaitas, basaltos alcalinos rocas telécticas: riolitas
Pleistoceno tardío (10,000 - 35,000 años)	Rocas calcálcicas: andesitas basálticas, andesitas (monogénicas), dacitas - multisecciones alcalinas: hawaitas y basaltos alcalinos.	Rocas calcálcicas: andesitas (estratovolcánicas), dacitas	Rocas calcálcicas: andesitas basálticas y basaltos. Rocas alcalinas: hawaitas y basaltos alcalinos.	Rocas alcalinas subalcalinas basaltos alcalinos.
Pleistoceno Medio (15,000 - 1,000,000 años)	Rocas calcálcicas: riolitas, andesitas-basálticas.	Rocas calcálcicas: andesitas (estratovolcánicas) y monogénicas	Rocas calcálcicas: andesitas (monogénicas) y andesitas basálticas. Rocas alcalinas: hawaitas	Rocas alcalinas (I): andesitas de la serie El Abra Inferior.
Pleistoceno Temprano (1.0-1.6 m)	Rocas calcálcicas: hawaitas (estratovolcánicas) y monogénicas	Rocas alcalinas (I): andesitas de la serie El Abra Inferior	Rocas calcálcicas: andesitas (monogénicas) andesitas basálticas y basaltos Rocas alcalinas saturadas (calcálcicas, ricas en K) basaltos alcalinos, hawaitas.	No se conocen evidencias magmáticas
Pleistoceno (1.6-5.3 m)	No se conocen evidencias magmáticas.	Rocas calcálcicas saturadas (calcálcicas, ricas en K): andesitas (estratovolcánicas) Rocas alcalinas subalcalinas: basaltos alcalinos y andesitas (escasas)	Rocas alcalinas saturadas (calcálcicas, ricas en K): basaltos alcalinos, hawaitas. Rocas calcálcicas (escasas): andesita basáltica. Rocas subalcalinas (I): hawaitas	Rocas alcalinas: hawaitas y basaltos. Rocas calcálcicas subalcalinas: basaltos, andesitas basálticas, dacitas, andesitas y riolitas. Rocas calcálcicas (escasas): basaltos y andesitas basálticas y riolitas.
Holoceno (5.3-11.5 m.a)	No se conocen evidencias magmáticas	No se conocen evidencias magmáticas.	No se conocen evidencias magmáticas	Rocas alcalinas: basaltos y hawaitas. Rocas calcálcicas subalcalinas: basaltos, andesitas basálticas, dacitas, andesitas y riolitas. Rocas telécticas: basaltos telécticos.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
	TABLA III.3 DISTRIBUCION DEL MAGMATISMO
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS
	TESIS PROFESIONAL
	1990

Tomado de Torres, Martínez y Silva M., 1988.

afinidad pacífica o ligadas al antiguo océano Pacífico y desligadas del ambiente tectónico de apertura que se gestó en el golfo de México, la apertura culmina con depósitos marinos del Jurásico Tardío y se continúa hasta el Cretácico, donde casi al finalizar este período se presentan depósitos más terrígenos, que anuncian la fase de deformación de la orogenia Laramide, que provocó un frente de plegamientos, fallamientos y cabalgaduras en las rocas de la SMO en dirección NW-SE, el frente tiene esta misma dirección y corre a todo lo largo del este de México (Campa U., 1986).

La cuenca terciaria Tampico-Misantla limitada al oeste por la Sierra Madre Oriental, contiene elementos estructurales bien definidos en formaciones del Terciario Inferior, denotando una marcada discordancia con estructuras más suaves, formando un monoclinal en sedimentos del Terciario Superior (Oligoceno-Mioceno).

La cuenca terciaria de Veracruz al oeste la limita los plegamientos frontales de la Sierra Madre Oriental. Esta cuenca alcanzó su mayor evolución a fines del Terciario, rellenado una gran fosa erosionada, cuya sedimentación ha sido el producto de la aportación de clásticos de las unidades positivas y por los movimientos epirogénicos de estas mismas unidades.

### 111.3 ESTRATIGRAFIA

Las rocas que componen la columna estratigráfica y que afloran en el área, su edad varia desde el Mesozoico al Reciente, consiste de rocas sedimentarias de cuenca y plataforma para el Mesozoico, en el Terciario y Cuaternario hay predominio de la actividad volcánica extrusiva e intrusiva que a su vez provoco aureolas de metamorfismo de contacto en las rocas adyacentes, no obstante a unos cuantos kilómetros al norte del límite septentrional de la cuenca, aflora lo que algunos han considerado el basamento o complejo basal (Yañez y Casique 1980) o bien las rocas más antiguas, cuya edad varia del Pérmico Superior al Jurásico Inferior.

Se presenta la tabla No.111.4 de correlación estratigráfica y un mapa fig.(1.1), con la ubicación del área correspondiente a su columna, para una mejor interpretación, la parte correspondiente al Terciario volcánico del área se presenta desglosado fig.(111.5). Los espesores de los sedimentos carbonatados, fueron tomados de PEMEX, Chongo Olfer 1982 y Salazar Mandujano en 1969, quienes realizaron las mediciones aproximadas debido al intenso plegamiento que sufrieron las rocas.

#### MESOZOICO

##### Formación Pimienta (Tithoniano) (Jp)

Heim, 1926 denominó Formación Pimienta a una secuencia de calizas con pedernal y lutitas que aflora en los alrededores del rancho Pimienta, localizado al SSE de Tamazunchale, S.L.P.

En el área afloran unas calizas y dolomías de color gris oscuro a negro, de estratificación delgada en capas que varían 0.05 a 0.20 m compactas, en alternancia con lutitas calcáreas, nódulos y bandas de pedernal negro, la formación esta muy plegada no pudo distinguirse fauna debido a que se encuentra muy afectada por posibles etapas de reemplazamiento y recristalización. El espesor no ha podido medirse debido al intenso plegamiento y escasos afloramientos, sin embargo, al NE fuera del área a unos cuantos kilómetros, cerca del poblado Las Minas, Chongo Olfer en 1982, detectó un espesor de 44-113 m de esta unidad.

LOCALIDAD	PROSPECTO TEPEJI	TEHUACAN	TEHUACAN IXCACUILTLA	PROSPECTO CUESTA BLANCA	PROSPECTO CHAPULCO ATZOMPA	PROSPECTO AZUMBILLA	SIERRA MACATECA TEHUACAN Y ATZINGO	TEHUACAN	CUENCA ZOMOLICA	ZOMOLICA	FORJIN MATAESPINO	PROSPECTO	ZACATEC	
U A R T I C I O C E N O	RECIENTE	ALUVION	GRUPO CHICHIMAUZIM	ALUVION	RECIENTE	RECIENTE	RECIENTE	ALUVION SEDIMENTOS PIE DE MONTE	ALUVION SEDIMENTOS LACUSTRES TRAPEYINGO			ALUVION	ALUVION	
	PLEISTOCENO		SEDIMENTOS LACUSTRES DE TLAN	DEPOSITOS /ROCAS LACUSTRES/EXTRUSIVAS										
	PLIOCENO													
M I O C E N O	PLIOCENO		ROCAS IGNEAS	IGNEAS EXTRUSIVAS			VOLCANICAS						ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS	
	OLIGOCENO												NO SE CONOCEN SEDIMENTOS MARINOS	
	EDOCENO		GRUPO BALSAS	TEHUACAN	TEHUACAN	TEHUACAN	TEHUACAN	ROCAS VOLCANICAS	ROCAS VOLCANICAS				NO CONOCEN SEDIMENTOS MARINOS	
P A L E O C E N O	PALEOCENO	GRUPO BALSAS		INTRUSION HIPABISAL										
	MAESTRIZIANO													
	CAMPANIANO													
S A N T O N I A N O	SANTONIANO		MEXCALA											
	CONTACTIANO				TECAMALUCAN									
	TURONIANO		CUAUTLA	( MIA MALTRATA) NUA ( MIA MALTRATA) TE ( MIA MALTRATA) PEC	TECAMALUCAN									
C E N O M A N I A N O	CENOMANIANO	(DR) TLAYUAYZA	CALIZAS DE PLATAFORMA	ORIZABA	/ TANAU ORIZABA / LIPAS /SUPERIOR	TANAU/ PAS / ORI SUPERIOR/ ZABA RIDE/								
	ALBIANO													
	APTIANO	S. JUAN RAYA/	CALIZAS DE CUENCA	S. JUAN RAYA/	SAN MARCOS TLACOTALCO	CHIVILLAS SUPERIOR								
B A R R E R I A N O	BARRERIANO	ATZOMPA	CAPAS ROJAS											
	HAUTIVERIANO													
	VALANGINIANO													
P E R I A S I A N O	PERIASIANO		ZAPOTITLAN											
	TITONIANO													
	KINEPIGIANO													
O R D O V I C I O	ORDOVICIANO													
	DEVONIANO	TECOMA ZUCHIL												
	FRANCO													
T R I A S I C O	SUPERIOR		HUIZACHIL											
	MEDIO													
	INFERIOR													
P E R I O D O S I L U R I C O	PERMIANO	BATLANOMPA		TOTOLTEPEC										
	PENNSYLVANICO													
	DEVONICO		ACATLAN											
S I L U R I C O	SILURICO		ACATLAN	COMPLEJO ACATLAN										
	ORDOVICICO													
	CAMBRIICO													



 NO DEPOSITO O EROSION  
 NO AFLORA

TABLA No. 111,44 TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA.



La unidad aflora sobre la carretera que va de Libres a San Miguel Tenextatiloyan, subyaciendo en contacto normal a los sedimentos de la Formación Tamaulipas Inferior, al SE del poblado de Totalco en un lomerío, se supone Pimienta dado el intenso plegamiento que presenta; hacia la base descansa sobre la Formación Tamán en la Sierra Madre Oriental, hacia el NW.

La Formación Pimienta se comporta menos resistente al intemperismo y erosión, con una expresión morfológica de lomeríos de suave pendiente; se correlaciona con la Formación Tepexilotla en la Cuenca de Veracruz y Plataforma de Córdoba.

#### Formación Tamaulipas Inferior (Berriasiano-Aptiano Inferior) (Kti)

Stephenson, L.W. en 1921 la define en el Cañon de la Borrega, en la sierra de Tamaulipas, Muir más tarde en 1936, divide en Tamaulipas Inferior, Otates, Tamaulipas Superior, a unas calizas café claro criptocristalina en capas de 0.30 a 0.50 m, con nódulos de pedernal café oscuro.

Se encuentra distribuida hacia el norte y noroccidente del área en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental a la altura de los poblados Cuyoaco, San Miguel Tenextatiloyan, en la sierra de San Andrés Payuca, al norte de la primera en unos pequeños lomeríos y en la Sierra Yolotepec. Son calizas de color gris oscuro, gris claro al fresco, de aspecto aporcelanado, estratificación de 0.10 a 0.30 m, con nódulos y bandas de pedernal, al microscopio se observó una biomirudita con fragmentos de moluscos, rudistas, Colomiella recta. Chongo Olfer en 1982, detectó un espesor relativo de 200 m aproximadamente, debido al intenso plegamiento. Sobreyace en contacto normal a la Formación Pimienta, en la Sierra Madre Oriental y a las Formaciones San Pedro y Tepexilotla en la Cuenca de Veracruz y se estima normal con los carbonatos de plataforma de la Formación Orizaba. Es correlacionable al sur con las Formaciones Xonamanca, Chivillas y Zapotitlán.

Su expresión morfológica es de sierras con pendiente moderada a fuerte.

#### Formación Tamaulipas Superior (Aptiano Superior-Cenomaniano) (Kts)

Muir las separa en Tamaulipas Inferior, Otates y Tamaulipas Superior. Son calizas de espesor medio a grueso, gris claro a crema y gris oscuro con nódulos irregulares de pedernal con intercalaciones laminares de lutitas y margas.

En la zona se encuentran calizas gris oscuro, gris claro y pardo, con estratificación mediana a gruesa 0.40 - 1.0 m dando en ocasiones un aspecto masivo, con nódulos de pedernal negro y gris humo, también contiene pequeños nódulos de Fe, en ocasiones presenta huellas estilolíticas paralelas a la estratificación, al microscopio se presenta una biomicrita con presencia de microcalamoides, fragmentos de ostrácodos y calciesferula. El espesor total de 150.0 m medido en el área por Chongo Olifer en 1982; aflora en las sierras de San Andrés Payuca, Tepeyehualco, Yolotepec, Techachalco, así como en unos afloramientos al NE de Las Derrumbadas, al este de Quechulac y en la sierra Tenextepec. su contacto inferior es normal con la Formación Tamaulipas Inferior, el superior es concordante bajo la Agua Nueva, en la Sierra Madre Oriental y en Cuenca de Zongolica en concordancia bajo la Maltrata.

La Formación Tamaulipas Superior cambia de facies de cuenca a facies de plataforma y arrecifal de la Formación Orizaba, su expresión morfológica al igual que la Tamaulipas Inferior es de sierras de pendiente moderada a fuerte.

#### Formación Orizaba (Albiano-Cenomaniano) (Kor)

Bosé la definió en 1899, Viniegra y Olivares en 1959, más tarde la describen en la localidad tipo cerro Escamela, Ver., como una caliza biógena gris claro con abundante micro y macrofauna.

En el área se presentan 2 facies, plataforma interna y arrecifal.

#### Facies de Plataforma Interna

Aflora al SW de la zona en las estribaciones de la sierra Citlaltepétl, otros 2 afloramientos aislados al poniente del poblado Tlachichuca, en la sierra de Tlachichuca en la punta norte donde se encuentra en contacto concordante con la Formación Guzmantla, otro afloramiento al norte de esta sierra un pequeño lomerío, en la sierra Tenextepec y el último al sur de la laguna Atexcac. Se presentan calizas gris oscuro y claro de estratificación gruesa a masiva. al microscopio se observa una mesomicrodolomia, muy afectada posiblemente por encontrarse en una zona con potencial geotérmico, el espesor medido por PEMEX en 1982, es de 770 m.



## La Facies Arrecifal (Talud)

Aflora en mayor proporción en el área, constituye la sierra de Soltepec, la sierra Tenextepec así como un afloramiento aislado al sur del poblado de Tlalconteno, donde se presenta una caliza gris oscuro y gris claro de estratificación masiva, bancos con gran cantidad de micro y macrofósiles; al microscopio se observó una biomicrudita con *Dicyclina Schlumbergeri*, *Cosquinolina*, *Orbitolina* sp. y *Miliólidos*; tiene un espesor de 335 m.

La Formación Orizaba se encuentra en cambio de facies con la Formación Tamaulipas Superior, su contacto inferior aparentemente concordante con la Formación Tamaulipas Inferior, en la Plataforma de Córdoba del noroeste de la Cuenca de Veracruz, su contacto superior es concordante bajo la Maltrata y localmente la Guzmantla la sobreyace normal en la porción NW de la Cuenca de Veracruz.

## Formación Guzmantla (Turoniano-Coniaciano) (KgZ)

Viniegra y Olivas en 1959, describieron una calcarenita biógena café claro a crema en capas potentes, cerca del río Jamapa, en la sierra de Guzmantla.

Sus afloramientos en la zona de estudio son restringidos únicamente a la sierra de Tlachichuca y La Ventana. Son calizas gris oscuro al fresco de estratificación media a gruesa, 0.40 a 2.0 m, al microscopio se observaron fragmentos de rudistas recristalizados, miliólidos y ostrácodos, en una intraesparrudita y una biomicrita parcialmente dolomitizadas, Salazar Mandujano estimó un espesor de 250 a 300 m. Sobreyace concordantemente a la Formación Orizaba no se observó su contacto superior en campo.

La expresión morfológica es de sierras con pendiente fuerte, es correlacionable con la Formación Maltrata y Agua Nueva en el área.

## Formación Maltrata (Turoniano-Santoniano) (Kmt)

Bosé en 1899, Buckhardt 1930, Bonet 1969. En su localidad tipo en Maltrata Ver., la unidad se presenta como una caliza arcillosa de color gris oscuro, bandeada en capas de 0.20 a 0.30 m de espesor, en partes un poco arenosa con intercalaciones de lutita de color gris oscuro.

Los afloramientos se restringen a la porción sur del área, en unos lomeríos sobre la carretera San Salvador El Seco-Cd. Serdán, entre los poblados de Coatepec y Aljojuca, al suroeste de la dicha carretera hay 2 pequeñas prominencias diseminadas, así como al norte de Cd. Serdán 2 afloramientos aislados. Son calizas arcillosas de color gris oscuro, con intercalación de margas y lutitas filíticas, debido al intenso plegamiento; con estratificación delgada 0.05-0.30 m, al microscopio se observa una biomicrita con ostrácodos, miliólidos bentónicos, algas, foraminíferos y unicelulares. Salazar Mandujano midió 400 m de esta formación y sus contactos superior e inferior son concordantes con la Formación Mexcala y Orizaba respectivamente, aunque no se observaron en campo. Es correlacionable con las Formaciones Guzmantla y Agua Nueva en el área, al sur con la Formación Tecamalucan. La expresión morfológica es de lomeríos de suave pendiente

#### Formación Agua Nueva (Turoniano) (Kan)

Stephenson 1921 y Muir 1934, se refieren a una serie de estratos de caliza gris oscuro a gris cremoso, ligeramente arcillosas en la base de la unidad, con bandas y lentes de pedernal negro y gris humo, aflora en el cañón de la Borrega de la sierra de Tamaulipas.

Dentro del área de estudio aflora en la sierra de San Andrés Payuca, Tepeyehualco, Yolotepec, Techachalco, en el Jalapasco del Barrio, en el Axalapasco Atexca, frente a la laguna de Alchichica, en unos lomeríos y al sur de de Las Derrumbadas. Son calizas gris oscuro y gris claro compactas, en capas que varían de 0.10 a 0.40 m, con lentes y bandas de pedernal gris oscuro y negro, fracturas rellenas por calcita; al microscopio se tiene una biomicrita con radiolários calcificados, globigerínidos, Hedbergella, gel de sílice parcialmente disuelto, en ocasiones con recristalización parcial, con un espesor aproximado medido por PEMEX (Chongo Olfer) de 250 m; sobreyace en forma concordante la Formación Tamaulipas Superior y en la misma manera la Formación San Felipe, es correlacionable con la Formación Maltrata y Guzmantla y al sur del área con la Formación Tecamalucan. La expresión morfológica junto con la Formación San Felipe da una impresión de lomeríos de pendiente suave.

#### Formación San Felipe (Coniaciano-Santoniano) (Ksf)

Jeffreys en 1910, propuso el nombre de Formación San Felipe a una secuencia de calizas arcillosas de color verde olivo en capas de 0.15 m de espesor, con delgadas intercalaciones de lutita y bentonita verde olivo; la localidad tipo se encuentra en la estación de San Felipe del ferrocarril Valles-San Luis Potosí.

En el área estudiada se localiza en las sierras de San Andrés Payuca, Tepeyehualco y un lomerío frente a la laguna de Alchichica. Son calizas arcillosas gris verdoso en alternancia con horizontes de margas y lutitas verde olivo (posiblemente bentonita), con nódulos de pedernal negro en capas de 0.05-0.30 m, con un espesor medido por Chongo Olfer de 200 m, se observa al microscopio una biomicrita con radiolarios, globigerínidos, Pitonella, Entomosfaera esférica; en la sierra de Tepeyehualco se observa afectada por el intrusivo. Esta Formación descansa concordantemente sobre la Formación Agua Nueva y de igual forma descansa sobre ella la Formación Méndez, hacia el SE fuera del área en el subsuelo de la Cuenca de Veracruz sobreyace en ligera discordancia a la Formación Guzmantla, es correlacionable con la Formación Maltrata y Guzmantla dentro del área, en la cuenca Guerrero-Morelos es correlacionable con la parte superior de la Formación Mexcala.

#### Formación Méndez (Campaniano-Maestrichtiano) (Km)

Jeffreys 1910, propuso este nombre, tomando como localidad tipo la estación Méndez del ferrocarril Valles-San Luis Potosí (al oeste de Tampico, Tam.) a un cuerpo de margas y lutitas gris verdoso en la base y café rojizo en la parte superior, con fractura nodular.

Únicamente aflora en el área en unos pequeños lomeríos frente a la laguna de Alchichica y en la sierra de Techachalco, se presentan margas y lutitas gris verdoso, en capas que varían de 0.10-0.20 m de espesor, la unidad tiene en promedio unos 200 m medidos por FEMEX, la secuencia se encuentra cortada por un cuerpo intrusivo en la sierra de Techachalco. Su contacto inferior se supone concordante con la Formación San Felipe, el superior no se observó en campo. Es correlacionable con la Formación Mexcala, fuera del área al sureste con la Formación Atoyac y Cárdenas.

#### Formación Mexcala (Campaniano-Maestrichtiano) (Kmx)

Fries 1960, determina a una secuencia de areniscas (en parte conglomerática) limolitas y lutitas calcáreas con interestratificación de calizas arenosas, en capas de espesor medio y grueso en las areniscas y capas delgadas en lutitas limolitas y calizas arenosas; descrita cerca del poblado del mismo nombre, en las inmediaciones del Km 220 de la carretera México-Acapulco.

En el área de estudio aflora únicamente en 3 lomeríos, en el límite oriental de Tlaxcala al sur y suroeste del poblado de El Carmen, muy cerca de estación Manantiales y el último en el Rincón de Citlaltépetl, un lomerío en donde se pone en contacto la Mexcala y Orizaba por falla. Se observaron unas areniscas y limolitas calcáreas intercaladas con lutitas color amarillento ocre y pardo, en capas de 0.05 a 0.20 m y laminaciones, se observaron huellas de ichnofósiles; no se ha medido el espesor, aunque se estima que tiene hasta 1000 m; no se observan sus contactos, pero se considera que el inferior es concordante con la cima de la Formación Maltrata, su contacto superior se encuentra cubierto por productos piroclásticos del Terciario y sedimentos lacustres. Es correlacionable con la Formación Mendez y al sur del área con la Formación Atoyac. La expresión morfológica es de lomeríos de muy suave pendiente debido a la baja resistencia que presenta al intemperismo y erosión.

## CENOZOICO

Las unidades fueron descritas por primera vez de manera informal el estudio regional que realizó Yáñez y Casique en 1980, en el presente se realizaron ciertas modificaciones en base a los trabajos de Negendank et, al, en 1985 y de Ferriz y Mahood en 1984.

Existe un trabajo más detallado y reciente de la estratigrafía de la caldera Humeros elaborada por Ferriz y Mahood, 1984 fig. (III.6), motivo de otro tema, para los objetivos del presente trabajo se hace una descripción más regional.

Se inicia el Terciario con el emplazamiento de cuerpos intrusivos (Tig, Tis), que siguieron la dirección del fracturamiento NE-SW, es decir aprovecharon las zonas de debilidad, generadas a partir del movimiento compresivo de la orogenia Laramide, que fracturaron la corteza. Los intrusivos se localizan al centro del área: son los cuerpos cartografiados como Tig y Tis.

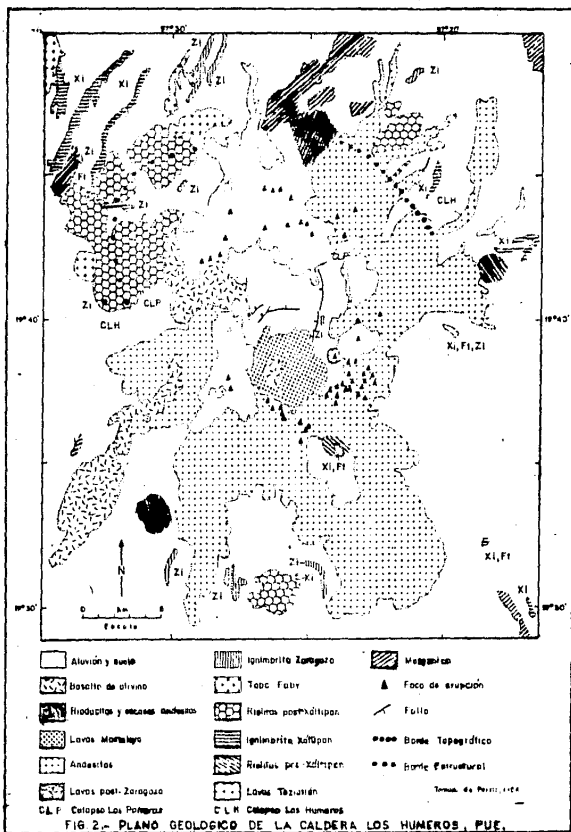
### Terciario Intrusivo Granítico (Tig)

En la sierra de Tepeyehualco se encuentra un intrusivo que varía de composición de un microgranito calcoalcalino a una microtonalita, Yáñez efectuó datación radiométrica y arrojó una edad del Mioceno Medio  $14.5 \pm ?$  m.a., este intrusivo se encuentra fuertemente afectado por alteración neumatolítica y turmalización.

SERIE	CUENCA LIBRES-ORIENTAL			SIS-TEMA	ERA	
RECIENTE	ALUVION Q1a					
P L E I S T O C E N D	FM TENA MAS TE PEC	MIEMBRO ARENAS QTa EL LIMON Q11	Qme MATE RIALES DE LAS CALDERAS	C U A T E N R N A R I O	C E N D	
	LAHARES LAS DERRUMBADAS					
	POMEZ Qpo Y TOBAS QTo			EXPLOSION		
	SEDIMENTOS LACUSTRES Q1					
	FM SAN ANTONIO NIO	MIEMBRO LA VIOLA Qso ORILLA DEL MONTE Qsv				
	RIOLITA OXAMELES Qrio			IGNIMBRITA XALTIPAN Qign		
	P L I D C E N D	TERCIARIO SEDIMENTARIO LACUSTRE Tsl			T	
		FORMACION TEZIUTLAN Tpan			E	I
		ANDESITA ALSESECA Tpan			R	
		SUPERIOR			C	C
MEDIO		FORMACION CRUZ BLANCA Tccb		I	D	
INFERIOR			A			
OLIGOCENO	IGNEAS INTRUSIVAS Tig, Tis			R		
EOCENO				I		
PALEOCENO				D		

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.5 ESTRATIGRAFIA DEL TERCARIO	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Tomada de Yáñez 1982,  
Modificada en el presente Trabajo.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.III.6 GEOLOGIA DE LA CALDERA HORNOS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Al sur de dicha sierra, se encuentran los cerros de Mazatepec y La Leona, son rocas aplíticas, Yáñez interpretó este cambio como variación textural de todo el conjunto de rocas.

### Terciario Intrusivo Sienítico (Tis)

El otro intrusivo en la zona se encuentra afectando la secuencia sedimentaria del Cretácico Superior en la sierra de Techachalco, en el corte de la carretera México-Veracruz, entre San Luis Atexca y Techachalco. Es una sienita alcalina aunque esta clasificación es dudosa, porque en el reporte petrográfico de Yáñez en el estudio regional de 1982, no se detectan feldespatoides, ni anfíboles o piroxenos sódicos, y bien podría sujetarse a una verificación de análisis químicos y normativos. El fechamiento radiométrico efectuado dió una edad de 31+-3.7 m.a. que corresponde al Oligoceno Medio.

Fuera del área de estudio al NE, en las cercanías de los poblados de Las Minas y Tatila aflora una granodiorita de biotita, se considera post-cretácica pero anterior al Mioceno Superior, (Ruíz Sainz en Yáñez, 1982), por el método de K-Ar determinó 14 m.a. del Mioceno Medio, en una muestra cerca del poblado de Tatatila.

Estas rocas intrusivas causaron un metamorfismo de contacto de bajo grado y están representadas por skarn y mármoles, el skarn es observado en la sierra de Tepeyehualco y los mármoles en Las Minas.

### Formación Cruz Blanca (Mioceno Inferior) (Tccb)

Secuencia terrígena post-orogénica, bien podría considerarse una molasa, constituida por conglomerados arenas y arcillas, mal clasificada en la base, hacia el centro de la secuencia los terrígenos gradúan al tamaño de las gravas, en la cima están representadas únicamente por arenas volcánicas y arcillas, interdigitadas con sedimentos lacustres recientes, pómez y cenizas. Aflora solamente fuera del área al NW, en las cercanías del poblado de Cruz Blanca de donde toma el nombre. Sobre la carretera México-Jalapa, descansa sobre el mesozoico sedimentario. Por estar constituida por fragmentos de calizas mesozoicas y de rocas ígneas intrusivas se le considera del Mioceno Inferior.

Es muy posible que a profundidad esta secuencia terrígena esté presente, aunque no se tienen evidencias de campo ni en el subsuelo, ya que los pozos perforados para agua, aparte de que

son muy someros no más de 300 m, no han cortado este material, tampoco en la caldera Humeros donde las perforaciones son profundas no reportan esta secuencia post-orogénica.

#### Andesita Alseseca (Mioceno Superior) (Tpm)

Aflora hacia la porción NW al N del poblado Cuyoaco donde Yáñez muestro una roca dacítica fechada por radiometría la cual arrojó una edad de 10.5 +- ? m.a. del Mioceno Superior. La localidad donde toma el nombre y donde se muestro por primera vez la andesita, se encuentra a 7 Km al noroeste de Altotonga al NE del área y donde la radiometría dió una edad Mioceno Superior 11+- ? m.a.. No se observaron su contactos pero por la edad se considera que sobreyace a la Formación Cruz Blanca y a todas las unidades antes descritas.

#### Formación Teziutlan (Plioceno Superior) (Tpan)

Unidad constituida por andesitas, andesitas basáltica, basaltos y dacitas, se considera que fué la primera manifestación de los volcanes y sierras que bordean la cuenca, como sierra de Tlaxco, La Malinche, La cadena montañosa Cofre de Perote-Pico de Orizaba y lo que constituye la base de La caldera Humeros, así como pequeños aparatos volcánicos diseminados en la planicie, actividad que se considera pliocuaternaria.

Negendank et, al, en 1985, realizaron un estudio de investigación geoquímica y geológica del este del Eje o Faja Volcánica Transmexicana" y donde notan la presencia de 2 tipos de productos volcánicos de carácter calcialcalino y alcalino y donde establecen la secuencia de los eventos basados en datos de campo, interpretación fotogeológica, radiometría efectuada por Robin y Cantagrel (1979) e información radiométrica de Mooser y Soto (1980), Banzer-Brussman (1981), Muller (1979), los datos radiométricos de Yáñez García y García Durán (1982), Ferriz y Mahood (1984) y datos paleomagnéticos de Bohnel y Negendank (1981) y Bonnel (1985).

El fechamiento radiométrico efectuado en los derrames y materiales piroclásticos, arrojó que la actividad volcánica de estos se produjo por los menos hace 2 millones de años; Yáñez en las dataciones que efectuó obtuvo los siguientes resultados para Cofre de Perote y Pico de Orizaba, menos de 1 m.a. y entre 1.9 a 1.6 m.a. respectivamente. En La Malinche se reportó una edad de 28, 000 a 12, 000 años, fechamiento realizado en pómez por Heide-Wise en 1973, aunque posiblemente no sea la edad de las andesitas de este estratovolcan; en Los Humeros en unos derrames



de este complejo volcánico se reportaron edades de 3.5 +- 0.3 m.a. y 5+- 0.7 m.a. Plioceno Superior (Yáñez, 1984), derrames que son considerados como un vulcanismo pre-caldérico y el primero de los tres ciclos o eventos volcánicos de la zona; Negendank et al, en 1985, considera del Pleistoceno Inferior al Medio, edad en la que se formaron el Cofre de Perote, Pico de Orizaba, sierra de Citlaltépetl. En los pozos en la caldera Humeros PH-1, PH-2, PH-4, PH-5, han cortado esta formación y la Formación Andesitas Alseseca con espesores variables, de 400 a 1650 m.

#### Terciario Sedimentario Lacustre (Plioceno Superior) (Tsl)

Aflora en los bloques escalonados al norte de Huamantla (sierra de Tlaxco), son materiales piroclásticos redepositados en lagos o en condiciones acuosas que predominaron en las fosas o depresiones originadas después del plegamiento, con predominio de material arcilloso, se presenta en los valles de los ríos y en los escalones de cimas planas que se observan en esta parte de la sierra de Tlaxco, se considera que cubren a las Andesitas Teziutlán o Alseseca y quedan a su vez cubiertas por tobas (Qto) y cenizas, dadas estas relaciones se le consideró una edad Plioceno Superior.

La actividad caldérica en Humeros comenzó con la actividad silícica, intrusión de domos riolíticos hace aproximadamente 0.51 m.a., prosiguiendo con la extrusión de la ignimbrita Xaltipán.

#### Ignimbrita Xaltipán (Pleistoceno Medio) (Qign)

La actividad volcánica que permitió el emplazamiento de estas ignimbritas fué una erupción tipo pliniana, hace aproximadamente 0.46 m.a. de acuerdo a Ferriz y Mahood 1984. Yáñez en 1982 determinó 0.56+-0.21 m.a. (Plioceno Superior.-Pleistoceno) ambas edades absolutas por el método de K-Ar.

Actividad netamente de caldera, el volumen que se considera es de 180 Km<sup>3</sup> de material piroclástico extravasado, provocando grandes vacíos en la cámara magnética que permitió que el techo o parte superior se colapsará, son principalmente ignimbritas en sus 3 estados de piroconsolidación densa, mediana y sin piroconsolidación, y es responsable directamente del colapso Humeros, su localidad tipo se ubica al norte de la caldera en el poblado del mismo nombre.

En el área de estudio aflora en la porción norte y en los alrededores de la caldera Humeros, al NE de Tepeyehualco 2 afloramientos alargados con dirección N-S, también al NE del cerro Pizarro y al SW de Perote también se presentan afloramientos de esta unidad en forma alargada en dirección NW-SE.

#### Riolita Oyameles (Pleistoceno Medio) (Qrio)

Después del colapso Humeros, domos riolíticos hicieron erupción a lo largo o en la cercanía de la zona de fractura anular de la caldera. En el área la misma formación aflora en los cerros Las Aguilas, Pinto, Pizarro y Las Derrumbadas, representada por domos riolíticos, derrames esferulíticos, vitrófidos riolíticos, traquíticos y riodacíticos, así como tobas riolíticas; el nombre lo toma la unidad de la población Oyameles, que se encuentra sobre derrames esferulíticos. Muy cerca se encuentra el domo Oyameles, ubicado en el límite occidental de la caldera y donde Yáñez fechó radiométricamente, dando  $1.0 \pm 0.2$  m.a. Pleistoceno Inferior; Ferriz y Mahood la consideran de una edad de 0.4 m.a. al parecer se fecharon unos domos que se encuentran junto a Oyameles, también por K-Ar, Negendank et al, en 1985 considera una edad del Pleistoceno Medio.

La composición general es riolítica con alto contenido de sílice y tiene entre 1 y 5 Km<sup>3</sup>, excepto las Derrumbadas que contienen fenocristales de granate; los domos muestran una alineación burda N-S.

"A pesar de que los domos de riolita de biotita-granate de las Derrumbadas se encuentra a sólo 10 Km de distancia del domo Pinto, los primeros parecen provenir de una fuente en la que el granate era una fase residual o fuertemente fraccionada, mientras que el patrón del segundo parece haber estado dominado por plagioclasa. Las diferencias en los patrones de los domos las Aguilas y Pizarro no son tan pronunciadas, pero claramente indican que provienen de diferentes fuentes y que a pesar de su cercanía al centro volcánico los Humeros no pertenecen a su sistema magmático". Tomado del trabajo de Ferriz y Mahood en 1984.

#### Formación San Antonio (Pleistoceno Superior) (Qso y Qsv)

Son derrames andesíticos y basálticos post-caldéricos, únicamente se hallan en la caldera Humeros, el espesor estimado es de 200 a 250 m, se ha dividido en 2 miembros: Orilla del Monte y La Viola.

Orilla del Monte (Oso). Derrames fluidales andesíticos y basálticos, con una edad radiométrica de 2.1 ± 0.2 m.a. Plioceno Superior, que pueden ser más jóvenes del Pleistoceno Superior (Ferriz y Mahood, 1984), hacia la parte superior las rocas gradúan a derrames escoriáceos, abundantes conos de escoria y hornos.

La Viola (Osv). Son de la misma composición que los derrames Orilla del Monte, entre andesítica y basáltica a excepción de la textura que es francamente vítrea. La datación radiométrica dio 1.1 ± 0.4 m.a. Plioceno Superior- Pleistoceno Inferior, se consideran mucho más jóvenes del Pleistoceno Superior de acuerdo a Ferriz y Mahood 1984.

#### Lacustres (Ql)

Se encuentran en la planicie de la cuenca donde encontramos 2 lagunas de aguas intermitentes, laguna Totolcingo o El Carmen y Tepeyehualco o El Salado. Los materiales que han estado sujetos a erosión e intemperismo se han disgregado en clásticos acarreados y depositados, encontrando arcillas, limos, arenas, gravas y hasta guijarros y cantos rodados, así como gran cantidad de depósitos piroclásticos, que provienen de la caldera Humeros y de los aparatos volcánicos en la cuenca.

#### Pomez y Tobas (Pleistoceno Superior) (Qpo) (Qto)

Los depósitos de tobas de caída libre (pomez), se encuentran al norte del área de estudio, así como cubriendo las laderas de la cadena montañosa Cofre de Perote-Fico de Orizaba, con espesores hasta de 50 m.

Las tobas cubren las laderas de la sierra de Soltepec y de la sierra de Tlaxco son tobas liticas de color gris blanquesino, pardo y crema, hacia el norte de Huamantla hay tobas vítreas que indistintamente cubren todo tipo de rocas aflorantes. Los espesores se han estimado variables desde unos cuantos metros hasta unos 30 m.

Debido a su poca consistencia los depósitos de pomez y tobas son fácilmente atacados por el intemperismo y erosión, por lo que se forman cañadas y barrancas profundas. Se encuentran cubiertos por derrames básicos, suelos y aluvión.

## Lahares Derrumbadas (Pleistoceno Superior) (Q1a)

Se presentan en la base de las estructuras dómicas y se tienen fragmentos mal clasificados de caliza, andesitas y dacitas, en matriz areno-arcillosa, con un espesor de 50 a 150 m.

## Formación Tenamastepec (Pleistoceno Superior-Holoceno) (Qt1 y Qta)

La formación se dividió en 2 miembros: Miembro El Limón y Arenas, el primero aflora en toda la cuenca y Arenas únicamente en la caldera Los Humeros, son representativos ambos miembros de la última fase de actividad volcánica en el área y del tercero y último ciclo volcánico.

Miembro El Limón (Qt1). Está representado en toda la cuenca y se asocia a este miembro la actividad ígnea mayor, reciente y más importante en la historia de la cuenca de Libres-Oriental, se tiene la actividad de volcanes monogénéticos con derrames asociados, conos de escoria, conos cineríticos y estratovolcanes recientes de composición andesítica y basáltica, así como las calderas de explosión, se asociaron a este Miembro El Limón en el presente trabajo dado que son eventos muy recientes y contemporáneos del Pleistoceno Superior y Holoceno; Negendank et, al, en 1985, reportaron edades variables de 0.050 m.a. al reciente.

Se tienen manifestaciones de volcanes monogénéticos y conos de escoria al poniente del área en el cerro Quimicho al NW de Huamantla, en las faldas de la Malinche, al sur de Cd. Serdán, en los alrededores de Las Derrumbadas y cerro Pinto, también en la planicie de las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco, al NE de Totalco, así como diseminados en las laderas de la sierra de Citlaltépetl; los conos cineríticos se encuentran diseminados en toda la cuenca; volcanes con derrames asociados se localizan al sur, en los alrededores de El Seco y Aljojuca se tiene el cerro El Brujo entre otros, al suroeste del poblado de El Carmen y al NW de Tepeyehualco. Negendank reporta unas hawaitas apoyado en análisis geoquímicos (basaltos de pigeonita, reportados por Yáñez en 1982), al norte de La Gloria en el flanco oriente de la sierra Tenextepec, otros afloramientos de hawaitas se localizan al poniente del poblado de Guadalupe Victoria, al SE de Las Derrumbadas y fuera del área, al sur del Pico de Orizaba la localidad es llamada Atzintzin, también al otro lado de la sierra Citlaltépetl en Ayahualulco y cuya edad Negendank considera del Pleistoceno Superior aproximadamente 0.049-0.010 m.a., a excepción de la localidad de Atzintzin donde la edad varía de 0.14-0.114 m.a., Pleistoceno Medio; en la punta norte de la sierra Tenextepec se presenta un pequeño aparato volcánico con derrames, es una manifestación aislada y única en el área, ya que

su composición es de basalto alcalino, también reportado por Negendank, cuya edad es del Pleistoceno Medio, 0.114-0.127 m.a., aunque se encuentran más afloramientos al este, fuera del área, en los alrededores de Actopan y Palma Sola; muy posiblemente este magmatismo alcalino está asociado a la Provincia Oriental Alcalina que Robin considera. Los derrames se tienen en la caldera Los Humeros y son los derrames tipo "aa" o malpais de Tepeyehualco, El Limón y Tenextepec. La edad reportada por Yañéz en una muestra del flujo El Limón fue de 0.58  $\pm$  0.10 m.a. Pleistoceno Medio, Negendank reporta una edad del Holoceno 0,10 m.a., son derrames mucho muy recientes y que con la observación de campo puede constatarse, tiene un espesor de 20 a 50 m.

Se considera contemporáneo a estos derrames y a esta actividad volcánica la formación de 15 calderas de explosión, así como sus materiales diseminados (Dme), que son calizas, andesitas, arcillas y pómez; el tipo de explosión que presentan las calderas es magmática, freática y freatomagmática y cuya edad Negendank consideró pueden llegar a ser mayor de 35, 000 años y menciona que los maares secos pueden tener hasta 40, 000-50, 000 años, los maares que tienen agua y con profundidad de 50 a 60 m tienen edades de alrededor de los 20, 000-30, 000 años, las calderas son:

Aljojuca, Tecuitlapa, Xalapasco de la Hacienda, Hoyo Grande, Alchichica, Quechulac, Xalapasco del Barrio, Jalapasquillo, Tepexil, La Mata, La Preciosa, Ateca, Pinto, Buenavista y Mastaloya.

Se tiene una caldera de explosión magmática que es el cerro Pinto, una freatomagmática que es la de Tecuitlapa, el resto son de tipo freática.

Dentro de esta unidad se consideran también unas cenizas negras de composición básica.

Miembro Arenas (Qso). Representa la última fase del vulcanismo en toda la zona, únicamente aflora en la caldera Humeros, su composición es dacítica-andesítica. Su espesor máximo es de 5 m.

La edad de esta unidad fue datada por Yañéz en 1982, y reveló una edad de 0.36  $\pm$  0.15 m.a., Pleistoceno Superior.

Aluvión y Pie de Monte (Holoceno) (Qal)

Los materiales producto del intemperismo y erosión son acarreados por los agentes de transporte, los ríos como principal agente, se encargan de transportar los clásticos, clasificándolos en su trayecto, de tal forma que en la planicie se encuentran los materiales más finos. En donde ocurre el

cambio de pendiente entre sierras y volcanes, se forman depósitos de acumulación de pie de monte, que en algunos casos forman conos aluviales de suave pendiente y muy extensos. Estos depósitos se consideran del reciente.

#### 111.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y TECTONICA

La cuenca de Libres Oriental es de muy reciente formación Plio-Cuaternaria. Su origen esta asociado a la historia del Eje o Faja Volcánica Mexicana y a la tectónica activa del área, los datos de sísmica muestran que es un zona activa desde el punto de vista tectónico y volcánico.

La cuenca tiene un carácter magmático y de reciente actividad, la actividad sísmica que se ha registrado por la red sismológica de la C.F.E., muestra que existen movimientos recientes muy posiblemente asociados a esta actividad.

Se tiene información desde a mediados del siglo pasado, se muestra el número e intensidad en la tabla No.111.5, así como su ubicación en la fig.(111.7). Se detectaron también una serie de microtemblores en la caldera de Los Humeros (Ponce y Rodríguez, 1977), fueron un total de 96 eventos en 12 días del mes de Enero de 1977, se notó que la mitad de estos tuvo una manifestación en forma de enjambre, la ocurrencia de los temblores se asoció a la presencia de la circulación de fluidos en rocas fracturadas relativamente someras, también se observaron temblores del tipo "A", "B" y de trepidación que son característicos de estructuras volcánicas activas o de reciente actividad fig.(111.7).

Esta cuenca por anteriores estudios estratigráficos, pozos y afloramientos se sabe que descansa sobre rocas y estructuras muy similares y por tanto continuación de la Sierra Madre Oriental, como se observa en la fig.(111.7) donde se notan estructuras de pliegues complejos, anticlinales, sinclinales, asimétricos, simétricos, recumbentes, fallamiento normal e inverso, es decir, las rocas mesozoicas revelan que estuvieron sujetas a una historia realmente compleja, afloran como testigos sumamente plegadas bajo una carpeta terciaria de rocas volcánicas. Se han detectado 2 períodos de deformación (Garduño et al, 1985) en el área.

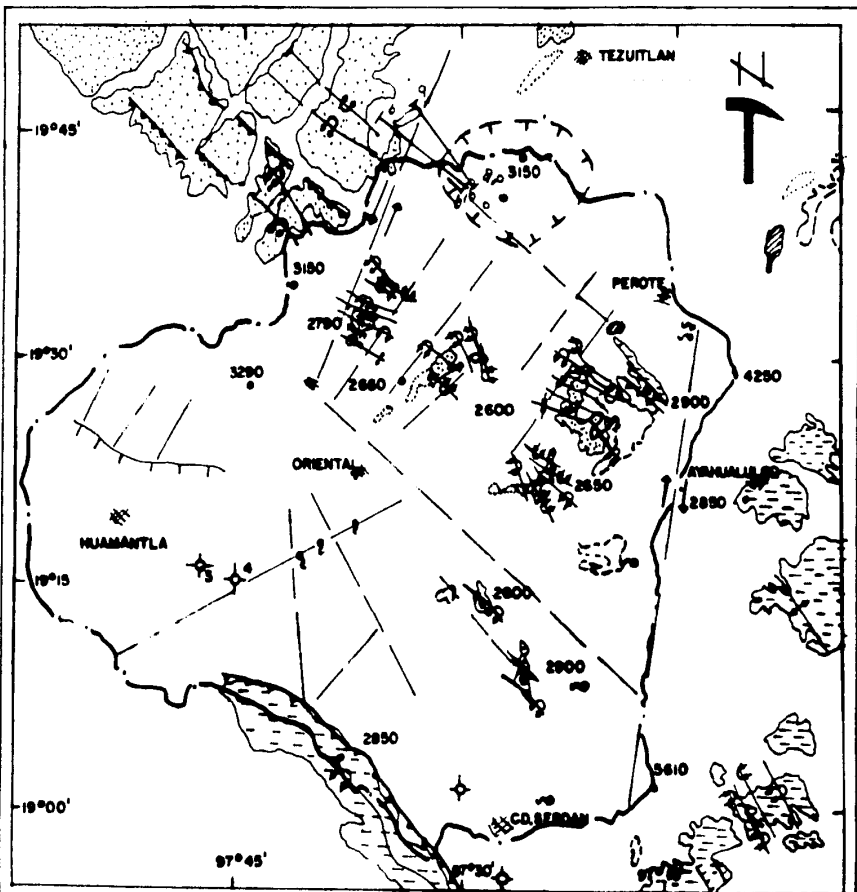
El primer período y más antiguo afectó a las rocas de la Sierra Madre Oriental, presenta una dirección NW 10° a 40°, son estructuras de tipo compresivo, provocadas por una fase de deformación del Terciario Inferior, con un máximo de compresión ( $\sigma_1$ ) en dirección NE 40° SW, que originó dos estilos de deformación, uno en facies de cuenca (en la porción centro norte y NW del área) y el otro en facies de plataforma (al S y SE del área), constituido por plegamiento, fallamiento y corrimiento en bloques que se escalonan al este (se deslizan sobre un sustrato de anhidritas que actuaron como lubricante), las formaciones de cuenca se plegaron con mayor intensidad y plegamiento continuo con respecto a las de plataforma, diferencia marcada por la competencia de las mismas, pliegues anticlinales y sinclinales simétricos y asimétricos, recumbentes hacia el NE, así como fallamiento inverso con la traza NW-SE y un echado de capa

TABLA No.111.5

RELACION DE HIPOCENTROS EN LA CUENCA DE LIBRES-ORIENTAL

FECHA	LATITUD	LONGITUD	MAGNITUD RICHTER	PROFUNDIDAD FOCO (Km)
<b>Punto No.1</b>				
03 oct 1864	18.816	97.406	7.0	-
19 Abr1 1920	"	"	6.7	10
26 Jul 1937	"	"	7.7	80
15 Nov 1957	"	"	4.6	100
19 Agos 1958	"	"	4.2	-
28 Agos 1973	"	"	7.0	80
<b>Punto No.2</b>				
28 May 1931	19.000	97.500	6.5	100
<b>Punto No.3</b>				
20 Agos 1928	19.217	97.800	4.0	-
15 Jun 1929	"	"	4.0	-
<b>Punto No.4</b>				
6 Abr1 1950	19.250	97.783	4.0	-
7 Abr1 1950	"	"	4.0	-
9 Abr1 1950	"	"	4.2	-
10 Abr1 1950	"	"	4.0	-
11 Abr1 1950	"	"	4.0	-
22 Abr1 1950	"	"	4.0	-
5 May 1959	"	"	4.5	-





- |  |                       |  |                                |
|--|-----------------------|--|--------------------------------|
|  | SINCLINAL ANTICLINAL  |  | INTRUSIVOS                     |
|  | SINCLINAL RECUMBENTE  |  | MAMILITAS                      |
|  | ANTICLINAL RECUMBENTE |  | BASALTOS ALCALINOS             |
|  | FALLA INVERSA         |  | CONTACTO GEOLOGICO             |
|  | FALLA NORMAL          |  | HIPOCENTRO DE SISMIOS          |
|  | FALLA O FRACTURA      |  | ENJAMBRE DE HIPOCENTROS        |
|  | MANANTIAL             |  | 2360 ELEVACION MAXIMA EN msnm. |
|  | CALIZAS DE GUENCA     |  |                                |
|  | CALIZAS DE PLATAFORMA |  |                                |

0 10 20 km.

<b>U N A M</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
	<b>CIENCIAS DE LA TIERRA</b>
	Fig. III.7 MAPA ESTRUCTURAL
	Carmen Laura Morales Rojas
	<b>TESIS PROFESIONAL 1990</b>

general hacia el SW, esto se observa claramente en las sierras que presentan formaciones de cuenca, sierra de San Andrés Payuca, Tepeyehualco, Techachalco, Yolotepec, así como las de plataforma, Tenextepac, La Ventana, Tlachichuca y la misma sierra de Soltepec.

Las calizas del Jurásico Superior en el Macizo de Teziutlán no fueron perturbados por los esfuerzos de la orogenia Laramide, ya que las capas se encuentran casi horizontales, solamente se presentan flexiones debidas muy posiblemente a movimientos verticales del batolito.

Estas estructuras (NW 10°-40° SE ) fueron afectadas en su última etapa por un segundo período de deformación con orientación NE 40° a 70° (NE-SW), son fallas laterales que provocaron los desbordamientos de la Sierra Madre Oriental fig.(111.8).

En este segundo período ya están presentes las 2 estructuras importantes que conforman la estructura de Libres-Oriental, actuando primero como fallas laterales.

Este segundo período estuvo acompañado de un magmatismo sin-orogénico. Existen varios intrusivos terciarios aflorantes con una disposición que obedece a este segundo período NE-SW fig.(111.7), al centro de la cuenca, al NE del área ( Las Minas, Tatatila), en la propia caldera Humeros, (donde se considera de finales del Mioceno y principios del Plioceno); en la caldera el intrusivo es cortado por los pozos PH-12, PH-8, PH-9, PH-11, por lo que se puede considerar la presencia de un conjunto de stocks graníticos en el área, cuya edad estaría sujeta al fechamiento radiométrico en cada uno, y que definirá finalmente si son contemporáneos.

Dichos intrusivos son:

- Intrusivo de Tepeyehualco orientado NE-SW, es un microgranito post-Cretácico (antes del Mioceno).
- Intrusivo San Luis Atexca, sienita post-Cretácico.
- Intrusivo Las Minas, tonalita de biotita, Paleozoico (?)

Los eventos anteriores se consideran ligados a la historia de la Sierra Madre Oriental, antecesores a la manifestación del Eje o Faja Volcanica Mexicana, y por tanto al origen de la cuenca de Libres-Oriental.

Para el Terciario Medio estas estructuras NE 40° a 70° se reactivan como fallas normales, es decir, las estructuras que actuaron como laterales ahora actúan como normales, formándose la estructura de Libres-Oriental.

# DESBORDAMIENTOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL Y SU RELACION CON EL VULCANISMO ALCALINO.

## C L A V E S

S: Saltillo; Mo: Monterrey; T: Tampico; G: Guadalajara

M: México, D.F.; V: Veracruz.


114  
114 Faja de pliegues y cabalgaduras.

--- Fallas laterales que provocan los desbordamientos

 Magmatismo alcalino

 Magmatismo calca-alcalino

 Magmatismo de la Sierra Madre Occidental

 Estructura de Libres-Oriental

1 - Sierra de San Carlos (Oligoceno)

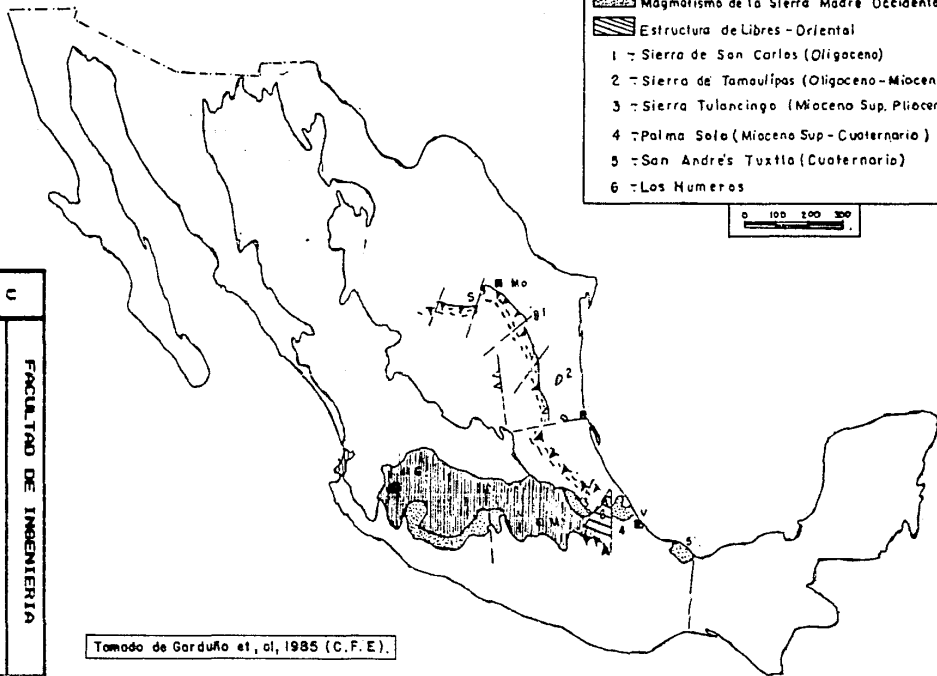
2 - Sierra de Tamaulipas (Oligoceno-Mioceno)

3 - Sierra Tulancingo (Mioceno Sup. Plioceno)

4 - Palma Sola (Mioceno Sup. Cuaternario)

5 - San Andrés Tuxtla (Cuaternario)

6 - Los Numeros



Tomado de Garduño et al, 1985 (C.F.E.).

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

CIENCIAS DE LA TIERRA

FIG. III.8 DESBORDAMIENTOS DE  
LA SIERRA MADRE ORIENTAL

CARMEN LAURA MORALES RECINOS

TESIS PROFESIONAL 1990

El fallamiento normal es debido a un máximo de extensión ( $\sigma_1$ ), un sistema distensivo, del Terciario Medio con orientación N 150° (NW 30° SE). Asociado a este fallamiento se presenta la primera manifestación volcánica que aprovechó las zonas de debilidad generadas con los esfuerzos compresivos y distensivos, con la extrusión de las andesitas Alseseca de 11 ± ? m.a. que es el "vulcanismo andesítico basal" del Mioceno del Eje o Faja Volcánica Mexicana, como lo considera Venegas et al, en 1985, vulcanismo antecesor de las grandes estructuras volcánicas y sierras de origen volcánico que circundan la cuenca, no es hasta después de un hiatus volcánico, a los 3.5 y 5 m.a. cuando se tiene la extrusión de las andesitas Teziutlán, actividad pliocénica propia del Eje o Faja Volcánica Mexicana, ambas manifestaciones son de carácter calcialcalino, son las que edificaron finalmente las sierras de Tlaxco, Citlaltépetl, los estratovolcanes Cofre de Perote, Pico de Orizaba, La Malinche y caldera Los Hornos, conformando la cuenca de Oriental.

Es importante notar la presencia de magmas alcalinos (Negendank et al, en 1985) y calcialcalinos, donde existe un predominio del vulcanismo calcialcalino con respecto al alcalino (hawaiitas y basaltos alcalinos) cuya manifestación es más reciente fig.(111.7), por lo que existe un traslape en el área con la Provincia Oriental Alcalina que consideró Demant y Robin en 1975.

Negendank et al, en 1985, consideran una característica muy importante y que influyó en el magmatismo, que es la existencia de una atenuación de la litósfera en la zona del Cofre de Perote-Pico de Orizaba, de 50 km y hacia la costa de 28 Km.

Se asocia el magmatismo calcialcalino de la FVM como resultado de la subducción de la placa Paleopacífica bajo la Norteamericana, el magmatismo alcalino se asocia a la migración norte sur en la Provincia Alcalina Oriental, la cual se debe a un fracturamiento cortical profundo en dirección NE 30°, asociado a la evolución del golfo de México, lo que marcó el cambio de la tectónica de compresión a tensión. Para los 3 a 2 m.a. la Faja o Eje Volcánico Mexicano choca con la Provincia Alcalina y a los 2 m.a. dentro de su evolución, se encuentran ambas en una etapa de madurez, se ha notado por datos geoquímicos que existe también una migración este a oeste de la provincia alcalina, de tal forma que al llegar a la zona de Las Derrumbadas se presenta predominio de vulcanismo calcialcalino con manifestaciones aisladas de rocas alcalinas (hawaiitas y basaltos alcalinos), es decir existe una variación química composicional en espacio y tiempo de los magmas en la región.

El magmatismo de esta porción oriental de la FVM, no ha podido explicarse por un solo modelo y porque se presentan magmas cuyas características químicas sugieren que provienen de fuentes diversas asociadas a procesos tectónicos distintos.

Como ya se mencionó la cuenca de Oriental se formó con la manifestación o el inicio de la actividad del Eje o Faja Volcánica Mexicana. De los rasgos estructurales presentes en la cuenca se tiene la estructura de Libres-Oriental, que se encuentra en la porción centro norte de esta. Al occidente queda limitada por una falla normal con dirección NE-SW fig.(111.7), que provocó el hundimiento de la Sierra Madre Oriental en la caldera Los Humeros como se observa en la fig.(111.9), el límite oriental lo constituyen un sistemas de fallas en dirección N 10°E (NNE-SSW) considerada por Demant (1981), Lira (1981), Pasquaré (1982), De La Cruz (1983), como una falla lateral derecha que permitió el emplazamiento de la cadena montañosa Pico de Orizaba y Cofre de Perote, el límite norte queda marcado por la caldera Los Humeros, al sur la limita una estructura que no tiene manifestación superficial y que fue detectada con prospección gravimétrica, tiene una orientación NW-SE, pasa al norte del poblado de Oriental, por Las Derrumbadas y se continúa atravesando la sierra de Citlaltépetl en esa misma dirección.

Ahora bien, dentro de la estructura de Libres-Oriental, se tiene la continuación de la Sierra Madre Oriental, representada por sierras aisladas que conservan tanto la litología como las características estructurales, estas se presentan separadas por planicies, son depresiones debidas a fallas orientadas NE-SW fig.(111.7), que provocaron el hundimiento en estas partes, y que posteriormente fueron rellenas, se presentan 2 depresiones las más profundas que se ubican bajo los cuerpos lacustres de Totolcingo y Tepeyehualco.

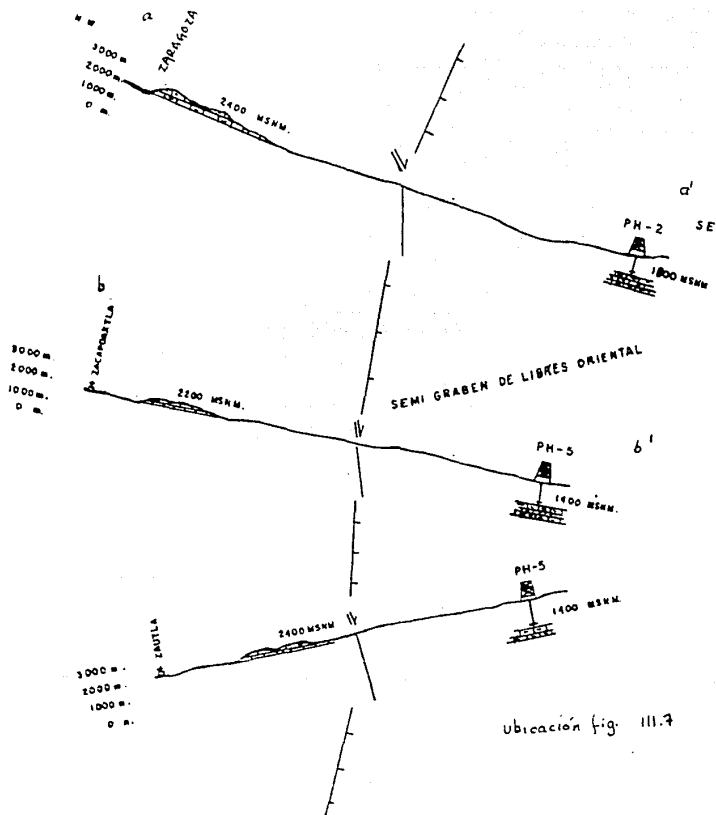
Otro rasgo estructural importante en la cuenca y que limita al norte tanto a la cuenca como a la estructura de Libres-Oriental, es la estructura vulcanotectónica de la caldera Los Humeros, además de que sus dimensiones son considerables, su importancia volcánica eruptiva en el área es determinante.

En la caldera Los Humeros ocurrió un fallamiento distensivo, (muy posiblemente el fallamiento normal se reactiva) de edad Cuaternario. Se tiene comprobada la presencia de 2 colapsos, el de Humeros y Los Potreros, aunque De la Cruz detecta un tercer colapso llamado Central, cuya existencia limitaría las posibilidades geotérmicas. Garduño lleva a cabo un levantamiento estructural y no concibe evidencias de campo, ni mediante exploraciones geofísicas eléctricas ni gravimetrías fig.(111.10).

Los colpasos son asociados a las diferentes actividades volcánicas :

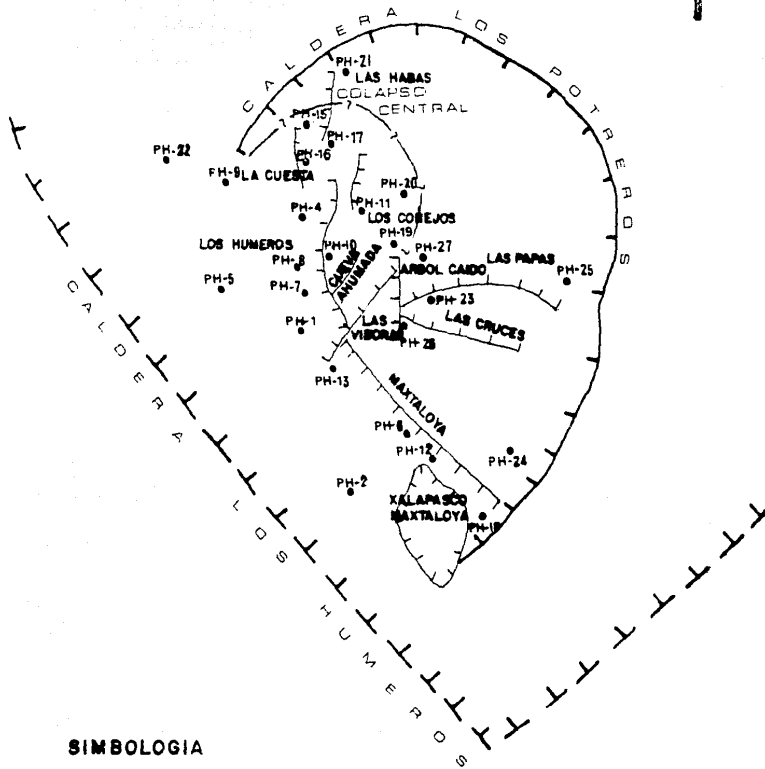
El colapso Los Humeros de 15 km de diámetro aproximadamente se asocia a la expulsión de la Ignimbrita Xáltipan (Ferriz 1982, y De la Cruz 1983), donde se presentan fallas sin-sedimentarias (ya que existe gran variación en el espesor de ambas unidades de pozo a pozo en la caldera) fig.(111.11).

- Perfiles topográficos que muestran la diferencia de elevación de las calizas del Jurásico y Cretácico.
- NOTA: Tomado de Garduño et, al, 1985.






U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.III.9 PERFILES TOPOGRAFICOS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Tomado de Garduño et, al, 1985.-



**SIMBOLOGIA**

-  COLAPSO
-  FALLA NORMAL
-  PH- POZOS NUMEROS

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.10 ESTRUCTURAS Y POZOS EN LA CALDERA HUMEROS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

El colapso Los Potreros de 7 Km de diámetro asociado a la Ignimbrita Faby y Zaragoza (Ferriz 1982, y De la Cruz 1983), y el colapso Central y Mastaloya, asociados a la extravasación del magma San Antonio, Soltepec y Arenas (De la Cruz, 1983).

En el colapso Los Potreros se detectaron 2 sistemas de deformación discontinua, que se resumen en la Tabla No.111.6 y se observan en la fig.(111.10).

TABLA No.111.6

SISTEMA NE-SW A E-W	DIRECCION	INCLINACION	MANIFESTACION
Falla Cueva Ahumada	N40(N40 E)	N.V.	-
Falla Las Víboras	N55(N55 E)	77 A 80	-
Falla Las Papas	N90(E-W)	70 N	Antigua
Falla Las Cruces	N110(N70 W)	N.V.	-
SISTEMA NW-SE a N-S			
Falla La Cuesta	N0 (N-S)	N.V.	Recientes
Falla Las Habas	N0 (N-S)	75 W	-
Falla Los Conejos	NNE-SSW	72 E	-
Falla Los Humeros	N-S	78 W	Recientes
Falla Mastaloya	N135 (N45 W)	75 a 85 W	-
Falla Arbol Caído	N178 (N2 W)	75 W	-

Nota: la tabla es tomada del estudio realizado por Garduño, Romero y Torres en 1985, las estructuras se encuentran en la fig.(111.10)

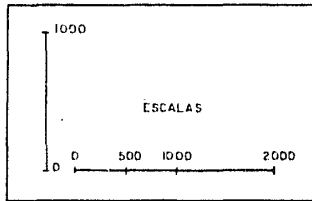
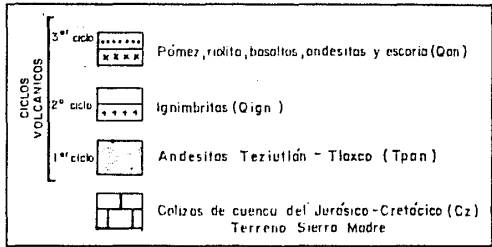
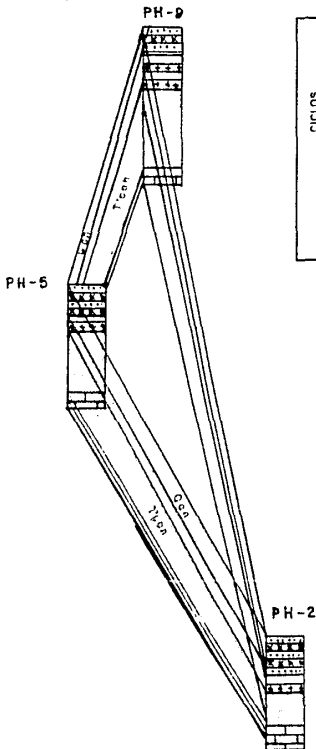
El sistema NE-SW a E-W, son fallas normales con el bloque del alto caído al norte, afectadas por un sistema NW-SE, sistema que muestra evidencias de un levantamiento en el sector sur.

El sistema NW-SE a N-S, también son fallas normales, con buzamiento del plano de falla al W, las fallas del norte su inclinación se presenta al este y cortan al sistema NE-SW, constituyen zonas de debilidad que permiten la manifestación en superficie del yacimiento Humeros.



COLUMNAS LITOLÓGICAS DE LOS POZOS

H-5, H-2 Y H-9 Y SU CORRELACION



Tomado de Garduño et. al. 1985  
C.F.E.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.11 POZOS H-5, H-2 Y H-9	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Se han reconocido 3 ciclos caldericos, dada la importancia e influencia de la caldera en el area, el primero es el pre-calderico de carácter regional mio-pliocenico, con la extrusión de las andesitas (Alseseca y Teziutlán). El segundo ciclo es netamente calderico del Cuaternario. se presentan domos riolíticos y la Ignimbrita Xaltipán que provocó el colapso Los Humeros, posteriormente se tienen domos de resurgencia que se emplazaron en la fractura anular de la caldera, seguido de depósitos de tobas de caída libre. Una segunda caldera, Los Potreros se formó debido a la extrusión de la ignimbrita Zaragoza, contemporánea a esta se formaron en la fractura anular conos volcánicos de escoria, que alimentaron extensos derrames basálticos, que se extienden al sur de la estructura, posteriormente se formó el colapso Mastaloya y El Central. El ultimo ciclo es el de vulcanismo joven basáltico y de tobas de caída libre, post-calderico y a nivel regional.

EL colapso Los Potreros es una estructura truncada que presenta un corte al SW en dirección NW-SE, debido a un accidente del basamento con esta misma dirección y que ayudó al emplazamiento de la caldera Los Humeros, además su intersección con el colapso Los Potreros dio lugar al xalapasco Mastaloya. Al NE y SE en Los Potreros se considera una profundización del basamento mesozoico.

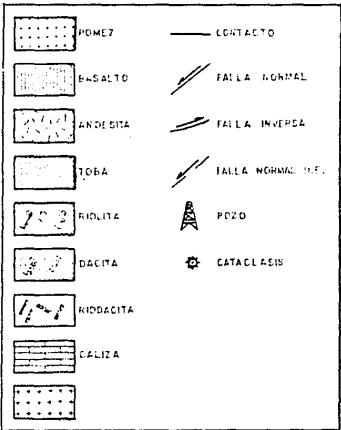
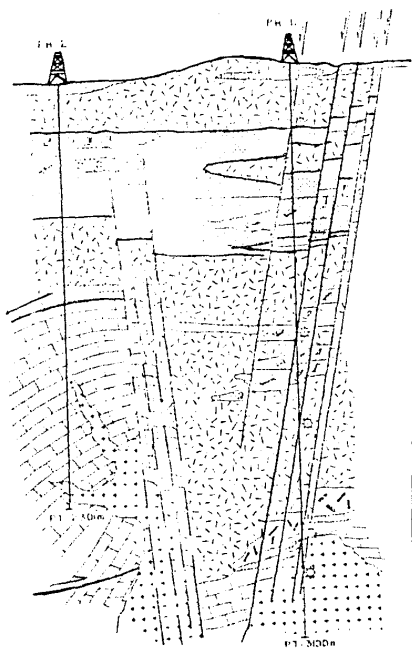
En el subsuelo en la caldera Humeros se detectó otra estructura que tampoco tiene manifestación superficial, pero que presenta un bajo estructural en los pozos, PH-12, PH-7, PH-4, PH-1 los cuales cortaron únicamente secuencias volcánicas, los pozos PH-5, PH-2, PH-9, atravesaron calizas, se considera por tanto una estructura con una orientación NW-SE fig.(III.10), con el alto estructural en las calizas, esto se observa claramente en las figs.(III.12)(III.13); también se confirmó mediante prospección gravimétrica.

Fuera de la caldera al SE se considera que esa misma estructura de orientación NW-SE, en el basamento mesozoico se continúa muy posiblemente, cortando el valle de Perote; con auxilio de prospección gravimétrica a nivel regional se detectó una depresión o escalón en este valle, posiblemente como continuación del bajo estructural de la caldera.

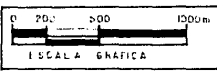
También dentro de la estructura de Libres-Oriental se tienen estructuras volcánicas que se emplazaron en las zonas de debilidad (NW-SE)(NE-SW), domos, volcanes simples y compuestos, calderas de explosión, conos cineríticos, esto se confirmó con geofísica.

Por otra parte Mooser en 1979, considera un graben al que llamó graben de Perote-Humeros, con una orientación NW-SE, más bien por morfología, en 1986 (en "Análisis morfoestructural de la Faja volcánica Trans-mexicana) Teresa Ramirez la describe como Zona de Calderas Chiconquiaco, lo que apoya que en esa zona existe un bajo estructural hacia el Valle de Perote.

## CORRELACION ENTRE LOS POZOS H-2 Y H-12.



LAS FALLAS EN EL POZO H-12 FUERON INDICADAS EN BASE A LAS ZONAS DE CATACLASIS.



Tomado de Garduño et. al. 1985.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III.13 POZOS H-12 Y H-2	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Al sur de la cuenca y de la estructura de Libres-Oriental fig.(111.7), se tiene el predominio de estructuras con dirección NW-SE, entre las principales estructuras y que limita al sur la cuenca, se encuentra la sierra de Soltepec, anticlinal recumbente orientado al NW con fallamiento inverso en el flanco norte. Se presenta una fractura regional importante con dirección NE-SW que divide esta porción meridional de la cuenca en 2 partes, se inicia al SW del área, por una barranca profunda en el flanco occidental del cerro El Final, continúa al NE y se infiere su presencia porque existen manantiales o exitieron sobre esa misma dirección, continúa por el manantial Ojo de Agua, el otro es Vicencio, El Carmen y muy posiblemente continúe hasta Aichichica fig.(111.7), apoyándose con sondeos geofísicos solo se ha observado que es una zona de baja resistividad asociándose a una zona arcillosa, por gravimetría no se detectó, por lo que se considera una zona de fractura o bien un acuñamiento de los piroclásticos y clásticos, Reyes Córtez en 1979, le denominó Falla Principal.

Hacia el poniente de la cuenca en la porción de Tlaxcala también al oeste de la anteriormente descrita Falla Principal, existe un fallamiento normal en la sierra de Tlaxco, con dirección casi E-W, escalonado al sur, que pone en contacto el Terciario lacustre y el Cuaternario volcánico, es cortado por unas fracturas con dirección NE-SW, denotando un comportamiento estructural dominante típico de la Faja Volcánica E-W, N-S y NE-SW, que cambia a NE-SW Y NW-SE, en la intersección de esta con la Sierra Madre Oriental, al este de la denominada Falla Principal. Existe continuidad con lo que se conoce como Bloque de Tlaxcala ya que como se mencionó hay afinidad litológica y estructural fig.(111.14).

Es importante notar que los hipocentros de sismos se encuentran precisamente en esta porción de la cuenca y que además presentan una alineación NW-SE congruente con el resto de las estructuras.

El estudio microestructural realizado en fallas, microfallas, pliegues y estilolitas (Garduño et al, 1985), muestra los 2 sistemas principales (N 40°-N 70° y N 140°-N 170°). Garduño considera que los espejos de microfallas en ocasiones presenta estrías tanto de fallas laterales como de fallas normales, las últimas afectando las primeras, lo que indica que las mismas fallas han sido activadas en el tiempo de acuerdo al tipo de esfuerzo predominante.

Es precisamente la estructura de Libres Oriental en donde como ya se mencionó se tiene predominio de estructuras en dirección NE-SW y NW-SE y donde los límites este y oeste son fallas con dirección NE-SW, el límite occidental se observa claramente el escalón de la Sierra Madre Oriental hacia el valle y en la caldera Los Humeros, el límite oriental no se ve en campo, por la cobertura de derrames y productos piroclásticos, pero se infiere por el lineamiento de los volcanes que conforman la

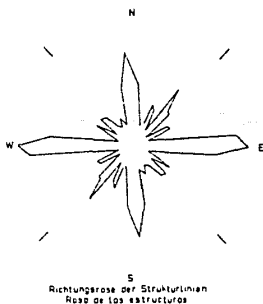


Estructuras de la región de Puebla-Tlaxcala.

Strukturen des Gebietes von Puebla-Tlaxcala  
Estructuras de la Región Puebla-Tlaxcala

- Tertiäre und quartäre Vulkanite  
volcanicos terciarios y cuaternarios
- Quartäre Loessströme  
Derrames volcánicos del Cuaternario
- Tertiäre Vulkanite  
Rocas volcánicas del Terciario
- Vulkanische Aschen, Blime und Tuffe  
Cenizas volcánicas, bombas y bombas
- Beckensedimente, überwiegend unter Tuffdecken  
Depositos lacustres, en mayoría debajo de tallas
- Kohle der Kreide  
Carbones del Cretácico
- Devonsteufe  
Escalon de terreno
- Störung, Strukturlinie  
Falla, línea estructural
- Sattel  
Anticlinal
- Überkippter Sattel  
Anticlinal inverso
- Mulde  
Sinclinal
- Überkippte Mulde  
Sinclinal inverso

0 10 20 Km



Richtungsgasse der Strukturlinien  
Rosa de las estructuras

Tomado de *El Proyecto México*  
de la Fundación Alemana para la  
Investigación Científica, 1977.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. III. 14 PORCION OESTE Y BLOQUE DE TLAXCALA	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

sierra de Citlatepetl, también se observa que al otro lado de dicha sierra, a la altura del poblado de Ayahualulco fig.(111.7) se encuentran rocas mesozoicas a una elevación de 2850 msnm, altitud que casi no varía con respecto a las calizas en el área de estudio, donde el promedio de elevación varía de 2600-2900 msnm, además faltan más evidencias que apoyen ese escalonamiento, por lo que bien podría considerarse como una falla lateral como la mencionan otros autores o como una gran fractura.

En general lo que se ha venido considerando como un semigraben bien puede ser una serie de fallas normales escalonadas al este en dirección NE-SW, que primero actuaron como laterales y que posteriormente se reactivaron debido a esfuerzos distensivos.

## 111.5. GEOLOGIA HISTORICA

La historia anterior a la formación de la cuenca de Libres Oriental esta estrechamente relacionada al origen de la Sierra Madre Oriental y a la apertura del golfo de Mexico (fig.III.15), donde se reconocen una serie de secuencias transgresivas y regresivas, hasta el Mesozoico su historia fue común.

Las unidades geológico-estructurales que jugaron un papel importante en la evolución geológica del área son, la Sierra Madre Oriental, El Macizo de Teziutlán, Plataforma de Córdoba y Cuenca de Veracruz (provincia de Papaloapan) y Cuenca de Zongolítica para el Cretácico fig.(111.16).

Para el Cretácico Inferior y Medio predominan los sedimentos carbonatados y se presenta una reducción del material arcilloso, en las zonas con mayor profundidad (cuenca de Zongolítica y Veracruz) esto está representado por las Formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior, que son sedimentos calcáreos con pedernal. Se forman bancos arrecifales rodeando las plataformas (Córdoba), Formación Orizaba que pasa transicionalmente a facies de cuenca Formación Tamaulipas Superior, (PEMEX ha considerado la presencia de 2 bancos arrecifales inmersos en la cuenca de Zongolítica, Banco de Tecamachalco y de Orizaba se estima que tienen continuidad en la zona) fig.(111.17).

En las cuencas las condiciones de aguas profundas se mantienen inalterables hasta fines del Cretácico, en tanto hacia el SE en la Plataforma de Córdoba estas varían.

Para el Turoniano prevalecen en toda la zona las condiciones de aguas profundas depositandose calizas arcillosas con pedernal, que constituyen la Formación Agua Nueva. Hacia la plataforma se depositan las Formaciones Maltrata y Guzmantla en partes someras, en tanto que en las cuencas continúan los depósitos de aguas profundas Formación San Felipe.

Al parecer, después del Coniaciano la plataforma queda expuesta y sujeta a procesos erosivos, como lo atestiguan evidencias de una gran discordancia observada en el subsuelo del distrito de Córdoba (PEMEX).

Al final del Cretácico Superior, se inicia un cambio brusco, incrementándose el aporte de material terrigeno en las cuencas, que anuncian la fase de deformación Laramídica y las formaciones Mendez y Mexcala se presentan en cambio de facies, regresión que ocurre de este a oeste.

## EVENTOS TECTONICOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL.

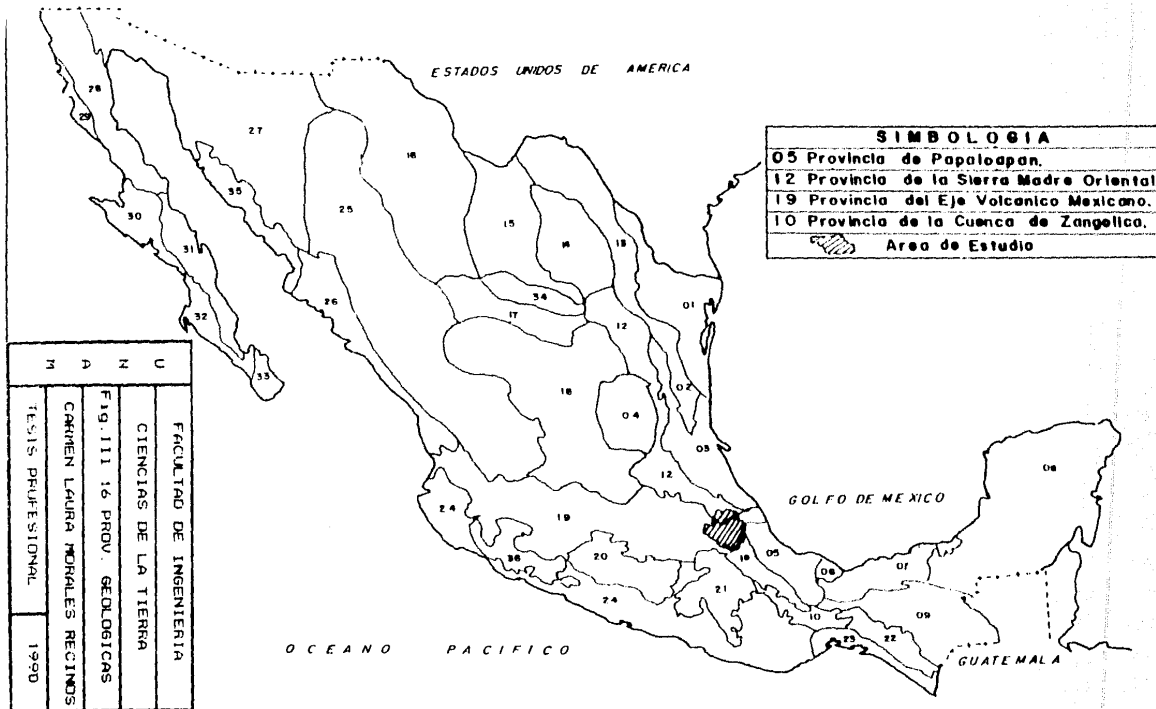
ESCALA DEL TIEMPO GEOLOGICO					EVENTOS TECTONICOS DEL TERRENO SIERRA MADRE
ERA	PERIODO O SISTEMA	EPOCA	PERIODO DE FORMACION DE MONTAÑAS EN NORTE AMERICA	EDAD APROXIMADA EN MILLONES DE AÑOS	
CENOZOICO	TERCIARIO	RECIENTE	Cascadiano	0.00-4	Fallamiento normal; Magmatismo alcalino y Calco-plácido (calders de los Numeros)
		PLEISTOCENO		4.0-3.0	
		PLIOCENO	Basin-Range	13 <sup>±</sup> 1	Fallamiento normal semi Graben Libres-Oriental; Magmatismo andesítico
		MIOCENO		25-1	
		OLIGOCENO	Laramide	36 <sup>±</sup> 2	Fase Laramide; magmatismo sin-orogénico y metamorfización y acreción del terreno Mixteco con ayuda del accidente N10° (NNE-SSW)
		EOCENO		58 <sup>±</sup> 2	
PALEOCENO	65 <sup>±</sup> 2				
MESOZOICO	CRETACICO	Nevaditas	135 <sup>±</sup> 5	Trilógio de apertura Tehuistla; magmatismo	
	JURASICO		230 <sup>±</sup> 10		
	TRIASICO	Palizada	280 <sup>±</sup> 10	Apertura y depósitos de capas rojas del Golfo	
PALEOZOICO	PERMIICO	Apalachiano	310 <sup>±</sup> 10		
	PENNSILVANICO		345 <sup>±</sup> 10		
	MISSISSIPICO	Acadonia	405 <sup>±</sup> 10		
	DEVONICO		425 <sup>±</sup> 10		
	STURONICO	Yacinto	500 <sup>±</sup> 10		
	ORDOVICICO		600 <sup>±</sup> 10		
	CAMBRICO	Laurentida	1,04 E.		
	PROTEROZOICO		Grenvikiano		1,100
Penokeon			1,700		
Algonkian			2,000		
Precámbrico		2,300			
Arqueozoico		2,700	3,500	4,500-5,000	

Tomado de Garduño 1985 (C.F.E.).

U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	CIENCIAS DE LA TIERRA
A	Fig. III. 15 EVENTOS TECTONICOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL
M	CARMEN LAURA MORALES RECINOS
	TESIS PROFESIONAL
	1990



# PROVINCIAS GEOLOGICAS DE MEXICO

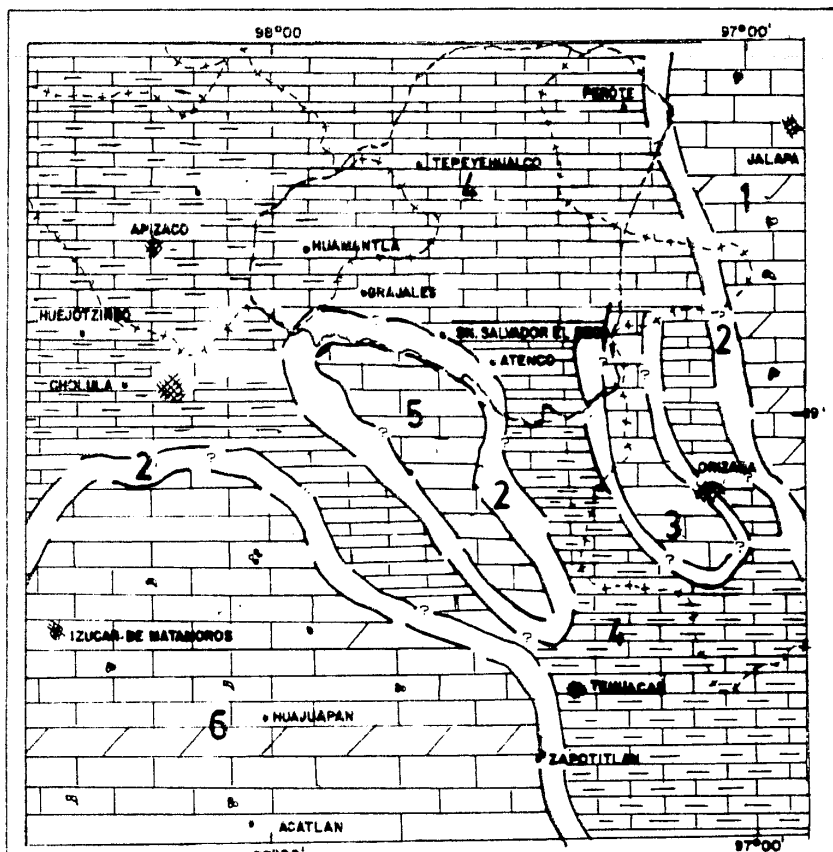


# PROVINCIAS GEOLOGICAS DE MEXICO



SIMBOLOGIA	
05	Provincia de Papaloapan.
12	Provincia de la Sierra Madre Oriental.
19	Provincia del Eje Volcanico Mexicano.
10	Provincia de la Cuenca de Zangelica.
	Area de Estudio

U N I V E R S I D A D	FACULTAD DE INGENIERIA
M A N A N A N T	CIENCIAS DE LA TIERRA
M A N A N A N T	FIG. III. 16 PROV. GEOLOGICAS
M A N A N A N T	CARMEN LARRA MORALES RECIDINDO
M A N A N A N T	TESIS PROFESIONAL
M A N A N A N T	1990



### SIMBOLOGIA

- 1 PLATAFORMA DE CORDOBA (Fm. Orizaba)
- 2 BORDE ARRECIPAL O LIMITE DE AMBIENTE DE DEPOSITO  
(Purshes o bancos arrecifales)
- 3 BANCO DE ORIZABA
- 4 CUENCA ZONBOLICA - APIZACO  
Surco o paleocostas (Fm. Temculipa-Superior)
- 5 BANCO DE TECAMACHALCO
- 6 PLATAFORMA TLAXIACO

AREA DE ESTUDIO

PEMEX

U N	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
A M	Fig. III. 17 PALEOGEOGRAFIA DEL CRETACICO	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESTIS PROFESIONAL	1990

Al finalizar el Mesozoico y durante el Terciario Inferior se lleva a cabo la orogenia Laramide, al concluir la etapa orogénica la región sufre levantamiento quedando expuesta la secuencia mesozoica que fue plegada, fracturada, cabalgada y con fallamientos, generando porciones aisladas que quedaron emergidas, expuestas al intemperismo y erosión separadas por fosas debidas al fallamiento NE-SW; posteriormente se depositó una secuencia post-orogénica, tipo molasa en las fosas.

Los esfuerzos compresivos en dirección NE crearon 2 períodos de deformación que afectó a las rocas de la SMO, el primer período creó 2 estilos de deformación, en facies de cuenca y plataforma, deformación intensa continua y discontinua que generó bloques que se escalonan hacia el este y cuyos ejes se orientan NW-SE perpendiculares al esfuerzo principal, estas estructuras son afectadas por un fallamiento lateral que constituye un segundo período de deformación en dirección NE-SW, propiciando zonas de debilidad que son aprovechadas por el emplazamiento de intrusivos, uno sienítico del Oligoceno Medio, granitos y granodioritas del Mioceno Medio, con estructuras de tronco y diques asociados, son los que afloran en el centro de la cuenca de Oriental.

Para el Terciario Medio estas últimas estructuras en este segundo período se reactivan como fallas normales, formandose la estructura de Libres-Oriental, además asociado a este fallamiento se tiene la manifestación volcánica. La actividad ígnea extrusiva se inicia hace 11 m.a. cerca del poblado de Alseseca, al NE del área y a los 10.5 m.a. en la sierra de Tlaxco cuya edad es del Mioceno Superior, con las andesitas y dacitas de la Formación Alseseca, se considera la primera manifestación de la gran cuenca de Oriental y del vulcanismo del Eje o Faja Volcánica Mexicana, después de un hiatus volcánico o un período de interrupción (+5 m.a.), el vulcanismo pre-caldérico continuó en el Plioceno Medio (5+0.7 m.a.) con unas andesitas, Andesitas Teziutlán (Plioceno Superior), que afloran en el borde del colapso exterior en su porción norte e inmediaciones de Teziutlán, así como derrames que constituyen las sierras y estratovolcanes como el Cofre de Perote, cuya edad es 1.9 m.a., Pico de Orizaba, sierra de Citlaltépetl, Malinche y sierra de Tlaxco. Evento considerado como de la primera de las tres etapas o ciclos volcánicos en la zona y como la etapa de desarrollo de la cuenca y FVM en el área.

Hacia el noreste de la zona, el Macizo de Teziutlán sirvió de línea divisoria de las cuencas Terciarias de Tampico-Misantla al norte y cuenca de Veracruz al sur del macizo, donde continuó la sedimentación marina terciaria.

La actividad calderica comenzó con la intrusión de domos riolíticos hace aproximadamente 0.51 m.a. y la extrusión de 180 km<sup>3</sup> de ignimbritas de composición riolítica y riodacítica, cuya edad de acuerdo a Ferriz y Mahood 1984, es de 0.46 m.a., Yáñez asigna 0.56 m.a.. Esta ignimbrita provocó el colapso que conforma

asigna 0.56 m.a.. Esta ignimbrita provocó el colapso que conforma la caldera Humeros, seguido del emplazamiento de domos de resurgencia de la Riolita Oyameles, del Pleistoceno Medio, de acuerdo a Negendank y Ferriz y Mahood 0.4 m.a., a lo largo de la fractura anular de la Caldera. Luego se emplazaron en la cueca el domo Pizarro contemporáneo con los domos Las Aguilas, Pinto y Las Derrumbadas, emisiones que aprovecharon las zonas de debilidad de dirección NE-SW y NW-SE.

Segundo evento volcánico, seguido en la caldera Humeros por la erupción de una secuencia de tobas riódacíticas de caída libre, sobrevino el segundo colapso Los Potreros, con la erupción de 20 km<sup>3</sup> de la Ignimbrita Zaragoza de composición dacítica y andesítica; prosiguieron intercalaciones de derrames andesíticos, productos piroclásticos, tobas, riolitas y riódacitas.

En la caldera Humeros, se tienen derrames andesíticos y basálticos, actividad post-caldérica de la Formación San Antonio (Pleistoceno), exclusivamente tienen manifestación en la caldera.

Las depresiones que separan las porciones emergidas (sierras) de la cueca continúan rellenándose con sedimentos provenientes del intemperismo y erosión de las rocas preexistentes calizas, intrusivos y también por productos piroclásticos, tobas y pómez de los diferentes eventos explosivos. En los alrededores de los domos Las Derrumbadas se desarrollaron lahares.

En este momento se tiene la presencia de los cuerpos lacustres de Totolcingo y Tepeyehualco, los depósitos de pómez y tobas así como de lahares en los alrededores de los domos Las Derrumbadas.

El último evento volcánico que se llevo a cabo en la región fue un vulcanismo joven representado por Formación Tenamastepec, miembro El Limón, en la caldera se formó un arco de aparatos, conos volcánicos de escoria, en la porción suroeste, (fractura anular), que alimentaron extensos derrames de andesitas basálticas, y que se extienden 10 Km al sur, se considera un evento post-caldérico, se tienen los flujos o derrames Tenextepec, Tepeyehualco, El Limón, La Gloria y San Salvador El Seco, cuya edad Yáñez fechó en 0.58±? m.a., en una muestra del miembro El Limón y que Negendank más tarde reporta en 0.10 m.a. del Holoceno.

En este tiempo que es la fase mas explosiva y abundante, también se tienen basaltos alcalinos fechados del Pleistoceno Medio, de acuerdo a Negendank, le siguió la extrusión de hawaaitas del Pleistoceno Superior, que se suponen manifestaciones aisladas de la Provincia Alcalina Oriental, también hay manifestación de volcanes monogenéticos y gran cantidad de conos de escoria, volcanes simples y compuestos con o sin derrames asociados y hasta estratovolcanes, así como la formación de las calderas de explosión y sus materiales de explosión, son considerados de 0.50 m.a. al reciente y tobas de caída libre, culmina la actividad

volcánica con la extrusión de dacitas del miembro Arenas, que sólo tiene manifestación en el cerro Arenas en la caldera Humeros cuya edad (Yáñez, 1980) es de 0.040 m.a. (Pleistoceno Superior).

La emisión de cenizas de composición básica, son contemporáneas.

El intemperismo y erosión alteran las rocas existentes, la acción fluvial es importante ya que transportó materiales de granulomería variable, quedando depósitos en los cauces y otros en las extensas planicies del nivel base local, donde llegan las corrientes fluviales y depositan su carga.

#### IV. GEOFISICA

##### IV.1 CORRELACION DE RESULTADOS GEOLOGICOS-GEOFISICOS

De los estudios geofisicos realizados en la cuenca de Oriental, se tienen de los métodos electrico, gravimetrico, aeromagnético, los dos últimos fueron analizados con el objeto de apoyar o detectar características estructurales que ayuden en la definición del marco geológico de la cuenca.

Con la prospección gravimetrica realizada en varios trabajos se hizo un análisis cualitativo, considerando que la propiedad física que se detecta con gravimetría en los diferentes materiales del subsuelo, dependen directamente de la densidad de estos, la información se procesa, integra y correlaciona con la geología del área; dentro del procesamiento se realizan los perfiles gravimetricos de los que se obtiene la profundidad a la que se encuentran los contrastes de densidades de los diferentes materiales, estos se ajustan con la secuencia litológica del área. En el trabajo efectuado por Garduño y Campos en 1986, muestran unos perfiles gravimétricos los que se analizaron con el objeto de conocer el espesor del aluvión y productos piroclásticos y la profundidad de las rocas mesozoicas carbonatadas; en la interpretación las anomalías gravimétricas negativas se asocian a depresiones rellenas con productos volcánicos y las anomalías positivas fueron explicadas por cuerpos de mayor densidad, estas anomalías con ayuda de evidencias de campo se asociaron a afloramientos de rocas ígneas intrusivas y/o rocas mesozoicas, que conforman las sierras de Tlachichuca, Soltepec, La Ventana, Techachalco, Yolotepec, Tepeyualco, San Andrés Payuca, y San Miguel Tenextatiloyan.

En la cuenca predominan 2 direcciones preferenciales en las estructuras NW-SE y NE-SW, mismas que fueron detectadas en los mapas de anomalías gravimétricas y las cuales sirvieron para integrar el mapa estructural de la fig. (111.7) se notó que los aparatos volcánicos aprovecharon estas zonas de debilidad.

Algo notorio es que se revelaron 2 estructuras importantes que no tienen manifestación superficial por encontrarse cubiertas por el Terciario volcánico. La primera es una estructura con dirección NW-SE que pasa por al norte del poblado de Oriental continúa por Las Derrumbadas y se sigue con la misma dirección cruzando la sierra de Citlaltepétl, se considera el límite sur del semigraben de Libres-Oriental, esta falla corta la cuenca en dos partes, la porción septentrional y la meridional, la primera tiene un predominio de estructuras en dirección NE-SW, la porción sur con tendencia mas bien NW-SE.

La caldera Los Humeros se encuentra en la porción norte; por medio de prospección gravimetrica se detectó una depresión que con exploraciones directas ya se conocía como un alto y bajo

estructural en calizas y volcánicas, con dirección NW-SE fig.(111.12) y (111.13); al SE de Los Humeros en lo que es prácticamente el valle de Perote, se detectó la segunda estructura importante, y que se considera la continuación con la misma dirección de la estructura detectada en Humeros; el bajo estructural o depresión abarca los poblados de Totalco, Irijol Colorado, Drilla del Monte y Perote; respecto a este bajo Mena en 1978 también con gravimetría detecta una depresión entre la caldera de Los Humeros y Cofre de Perote y la asocia a una estructura volcánica sepultada, lo cierto es que esta depresión se observa como una respuesta anómala concéntrica; en esta porción de la cuenca Moseer en 1979 se refiere a una estructura con dirección NW-SE y la llama grabén de Perote-Humeros.

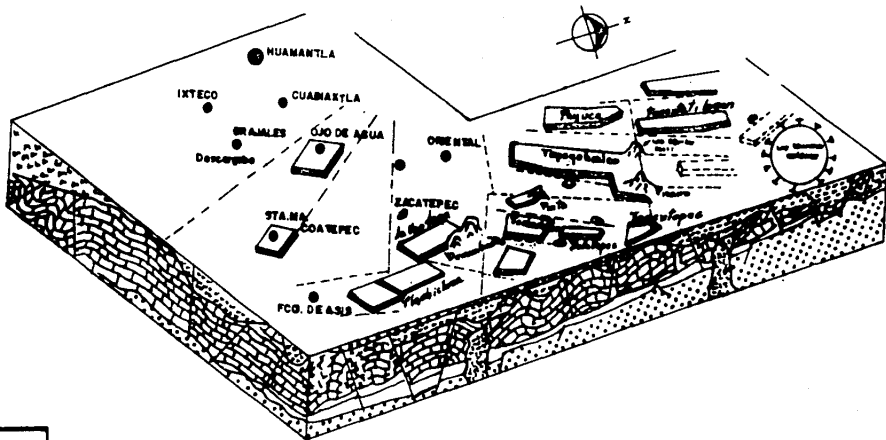
Dentro de la porción norte o septentrional de la cuenca, se encuentran las sierras de San Andrés Payuca, Tepeyehualco y Techachalco, se noto que en las 2 ultimas, existe un exceso de masa contrastante, que fue asociado a los intrusivos que cortan estas sierras, las depresiones entre estas sierras son poco profundas, unos 200 m aproximadamente, excepto la que se encuentra entre las sierras de Tepeyehualco y Yolotepec, justo donde se aloja la laguna El Salado o Tepeyehualco, existe una depresión de 1000 m, rellena de productos piroclásticos, lacustres y aluvión. En general se considera que el mesozoico de la Sierra Madre Oriental es somero en esta porción.

Las Derrumbadas se alojaron en la estructura con dirección NW-SE, (se supone pertenece al sistema que provocó el plegamiento y fallamiento a la Faja de Pliegues y Cabalgaduras), que divide la cuenca. En la porción sur, de esta estructura se presenta una enorme depresión, la más extensa y profunda de la cuenca, tiene una orientación NW-SE, abarca los poblados de El Seco, San Luis Sesna, Ozumba, Rafael Lara Grajales, El Carmen, Oriental, y San Nicolas Buenos Aires, la laguna Totolcingo ocupa precisamente la zona más profunda de la enorme depresión. Al SW de El Carmen se encuentra un pilar estructural en calizas, donde se localizan unos manantiales, muy posiblemente continúe la depresión y a mayor profundidad al este, hacia los poblados de Cuapiaxtla, Huamantla e Ixteco, donde se continúa la tendencia de estas anomalías negativas, la profundidad máxima que se detectó en el perfil gravimétrico es de 2500 m, es una fosa rellena también de piroclásticos, aluvión y lacustres.

Los eventos tectónicos en el área generaron una serie de cuerpos tabulares que de acuerdo al análisis microestructural presenta desplazamientos en dirección NE 40°-70°. El basamento de naturaleza cristalina se prospectó con estudios magnetométricos y se observó claramente la tendencia a ser más somero hacia el norte a 3200 m de profundidad, al sur se profundiza mucho más hasta 5000 m.

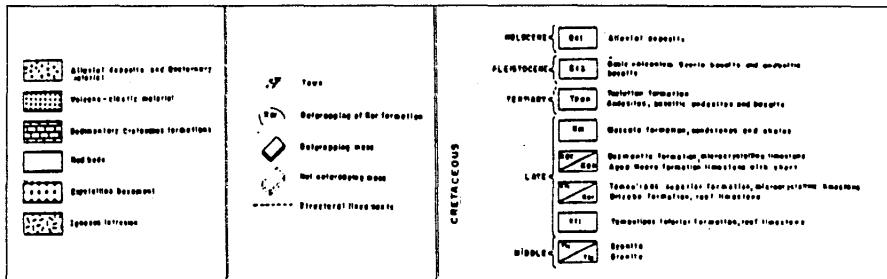


La interpretación integrada de la información geológica y geofísica se presenta en un Modelo Geológico del basamento de la cuenca en la fig. (IV.1).



Tomado de Garduño y Campos, 1987  
y complementada en el presente.

U N I V E R S I D A D E	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
	FIG. IV. 1 MODELO GEOLOGICO
	CARMEN LAINA MORALES RECIDINDO
	TESIS PROFESIONAL 1990



Schematic geologic model of the shallow crust in Los Humeros-Las Derrumbadas geothermal sites.

## V. HIDROGEOQUIMICA

### V.1 ANALISIS HIDROGEOQUIMICO

El análisis de elementos químicos de las muestras de agua, permite conocer el tipo de agua, la calidad, las zonas de recarga, dirección del flujo subterráneo, el material por el que circula el agua, permite estimar además el tiempo de residencia o permanencia en el subsuelo, etc., estas son sólo algunas características del resto que pueden proporcionar.

De los datos más importantes para realizar este análisis, se contó con los trabajos realizados por la C.F.E., un estudio geoquímico efectuado en 1983, donde se llevaron a cabo análisis químicos de 174 muestras de agua, de pozos, norias, manantiales y lagunas, se complementó con información del estudio de ITS.S.A de 1985.

La región se dividió en 6 áreas, con el objeto de conocer si presentan un comportamiento homogéneo fig.(V.1):

Area 1	Libres-Oriental-Tepeyhualco-Tlapizago
Area 2	El Carmen-Portes Gil-Aljojuca
Area 3	San Luis Atexcac-Guadalupe Victoria
Area 4	Alchichica-Quechulac-La Gloria
Area 5	Magueyitos-Altotonga-Chignautla
Area 6	Huamantla-Cuapixtla

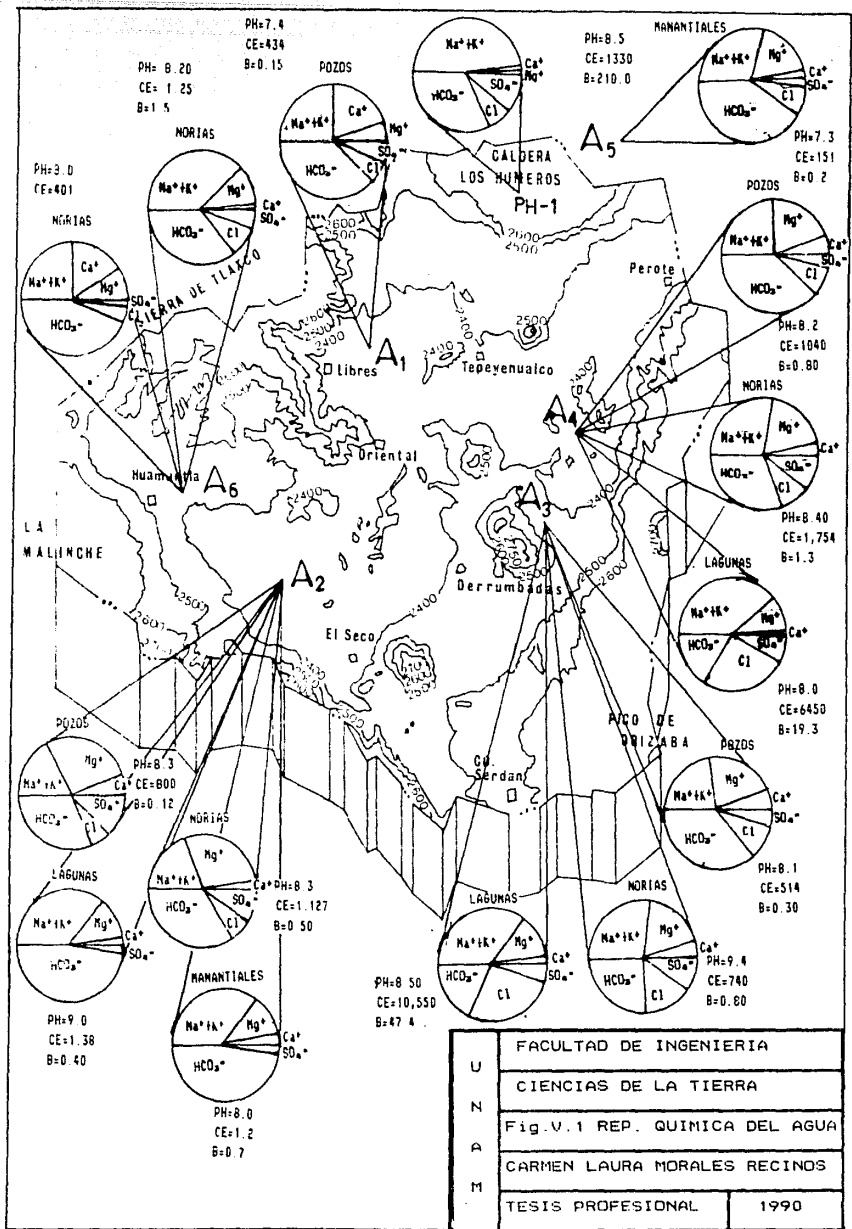
#### AREA 1

En el área 1, el análisis se hizo en pozos y norias, se presenta el diagrama circular de aniones y cationes fig.(V.1), donde se observa que tanto para pozos y norias el agua es bicarbonatada sódica. La diferencia entre las aguas de pozos y norias es la conductividad eléctrica, en pozos es mayor y por tanto los sólidos totales disueltos, el pH es mayor en las norias al igual que la concentración de boro.

En los diagramas triangulares de aniones y cationes el tipo de agua en pozos fig.(V.2 y V.3) y norias fig.(V.4) se observa que son carbonatadas sódicas y carbonatadas magnesianas.

#### AREA 2

El área 2, en esta área se analizó agua de pozos, norias, manantiales y lagunas.



FACULTAD DE INGENIERIA
U
CIENCIAS DE LA TIERRA
N
Fig.V.1 REP. QUIMICA DEL AGUA
A
CARMEN LAURA MORALES RECINDO
M
TESIS PROFESIONAL
1990

En los diagramas circulares de la fig.(V.1) de pozos, norias, son aguas bicarbonatadas sódicas magnesianas, existe en esta área un aumento en el porcentaje de magnesio, además la conductividad eléctrica es mucho mayor en pozos con respecto a las norias, el pH es similar en ambos, manantiales y lagunas son bicarbonatadas sódicas (aguas meteóricas), se observa menor contenido de magnesio, el pH mayor lo presenta las lagunas con un valor de 9. Las Lagunas en el área son la de Aljojuca y Tecuitlapa.

De acuerdo a los diagramas triangulares de pozos fig.(V.2 y V.3), norias fig.(V.4) y lagunas fig.(V.6) de aniones y cationes el tipo de agua es para:

Fozos	Bicarbonatada Sódica Magnesiana
Norias	" " "
Manantiales	" " "
Lagunas	Bicarbonatada Sódica

### AREA 3

En esta de acuerdo a los diagramas circulares fig.(V.1) existe una tendencia en los pozos y norias a ser bicarbonatada sódica, las lagunas presentan predominio de cloruros, bicarbonatos y sodio, la conductividad eléctrica de las norias es mayor que la de los pozos, pero a su vez la lagunas tienen valores altísimos, el ph es también mayor en las norias que en los pozos y lagunas, el contenido de boro es muy alto en las lagunas, y el mayor en toda el área de estudio, de acuerdo a este alto contenido de boro, estas aguas presentan características geotérmicas en su origen, su termalismo actual es nulo de ahí la alta concentración de magnesio. La laguna en el área es la de Atexcac, cuya influencia termal es válida ya que se encuentra cerca de Las Derrumbadas.

De acuerdo a los diagramas triangulares de pozos fig.(V.2 y V.3), norias fig.(V.4) de aniones y cationes, y de lagunas fig.(V.6) las aguas correspondientes a esta área fueron las siguientes:

Fozos	Bicarbonatada Sódica Magnesiana
Norias	" " "
Laguna	Clorurada Sódica

### AREA 4

Los analisis se hicieron en pozos, norias y lagunas, en los diagramas circulares fig.(V.1) se observa que las aguas son predominantemente bicarbonatadas sódicas, las lagunas se observan

también bicarbonatadas sódicas pero es muy notorio el alto contenido de boro y una conductividad eléctrica también alta, con respecto a los pozos y norias.

Las lagunas pertenecientes a esta área son la de Alchichica, La Preciosa y Quechulac, la laguna de Alchichica presenta los valores más altos de boro y cloruro.

En el diagrama triangular de las figs. (V.2, V.3, V.4), los pozos y norias tienen aguas bicarbonatadas sódicas magnesianas, las lagunas de acuerdo a la fig. (V.6) son carbonatadas sódica, la laguna de Alchichica es clorurada sódica.

ESTA TESIS NO DEBE  
SER USADA SIN LA B.D. 0

#### AREA 5

Esta área aunque se encuentra fuera de la cuenca, se analizó debido a que es una zona donde se ha considerado una descarga o salida subterránea, se observó lo siguiente: existe un predominio notable de manantiales, en el diagrama circular fig. (V.1) se aprecia el tipo de agua que es bicarbonatada sódica en estos manantiales, de acuerdo a su conductividad y a la baja concentración de constituyentes químicos disueltos, hace pensar que se trata de aguas meteóricas de reciente infiltración y que descargan en forma de manantiales en la parte norte del área, por lo que se descarta la posibilidad de ser una descarga de la cuenca hacia esa porción, ya que tendría valores altos de constituyentes químicos disueltos.

En los diagramas triangulares fig. (V.5) puede observarse también el tipo de agua que es:

- Carbonatada-Sódica
- Carbonatada-Magnesiana
- Carbonatada-Mixta

#### AREA 6

En esta área solo se tenían datos para norias, del diagrama circular fig. (V.1) se interpretó como bicarbonatada sódica con bajos contenidos de sulfatos y cloruros, presenta un pH de 8.0 y una conductividad eléctrica moderada.

En el diagrama triangular de aniones y cationes para norias fig. (V.4) es de tipo bicarbonatada sódica.

La geoquímica del pozo H-1 en la caldera Los Humeros, es bicarbonatada sódica, con bajos contenidos de calcio y magnesio fig. (V.1), indica que se trata de una agua meteórica de fuerte

infiltración cuya recarga ocurre en la caldera y en la parte norte de la misma. Por la presencia del alto contenido de Boro, se infiere un yacimiento a profundidad.

En forma general se puede considerar que el tipo de agua predominante en pozos y norias es bicarbonatada sódica, las lagunas de la porción sur de la cuenca son carbonatadas sódicas (Aljojuca y Tecuítlapa), las de la porción norte son cloruradas sódicas (Alchichica y Atexcac) y carbonatadas sódicas (La Preciosa y Quechulac). En los pozos y norias el agua bicarbonatada sódica indica una fuerte influencia de rocas volcánicas, el agua circuló y/o se infiltró por este tipo de material.

Las lagunas de Alchichica y Atexcac presentan los valores más altos de conductividad eléctrica y de boro en el área. Existen 5 zonas anómalas de acuerdo a las concentraciones de boro y son las siguientes:

Tepeyehualco  
Fuerte de la Unión  
Alchichica  
Atexcac  
Este de Atexcac

Las aguas de esta zona norte presenta alta salinidad con alto contenido de bicarbonatos, esta marcada concentración se debe probablemente a flujos de bióxido de carbono, los cuales inciden en forma más marcada en estas zonas que en el resto del área.

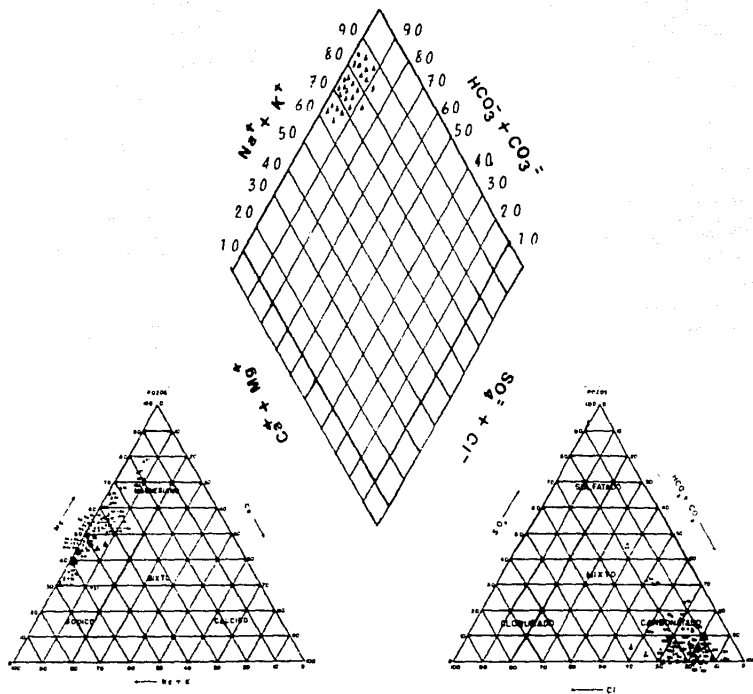
El aumento de esta salinidad se observa claramente en la fig.(V.7) donde tiene la configuración de sólidos totales disueltos, a continuación se describe.

De la configuración de curvas de isovalores de sólidos totales disueltos de la cuenca tomada del estudio de ITS.S.A., se observa que la recarga ocurre en las sierras donde se encuentran los menores valores de concentración STD (sólidos totales disueltos) 100 y 200 ppm, a excepción de lo que ocurre en la sierra de Soltepec que es el límite sur donde se encuentran valores hasta de 2000 ppm, y donde se supone un flujo de salida local de la cuenca; con la dirección del flujo subterráneo se incrementa la concentración de STD, en la laguna de Totolcingo o El Carmen se tienen 500 ppm, en la laguna de Tepeyehualco alcanza mayores concentraciones hasta 1000 y 1500 ppm, lo que comprueba la dirección de flujo radial y el incremento de sólidos totales, el flujo desciende de las sierras hacia las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco que constituyen el nivel base local.

Se nota en la porción norte de la cuenca valores altos de STD, en promedio se considera que por cada km se incrementa de 80 a 140 ppm, en la porción sur y oeste de la cuenca se tienen valores bajos no mayores de 500 ppm de STD, a excepción como ya se mencionó de la zona de la sierra de Soltepec donde existe una salida del flujo subterráneo. Algo importante a considerar es que al parece existe una entrada de flujo subterráneo, al poniente de la cuenca entre La Malinche y La Sierra de Tlaxco.



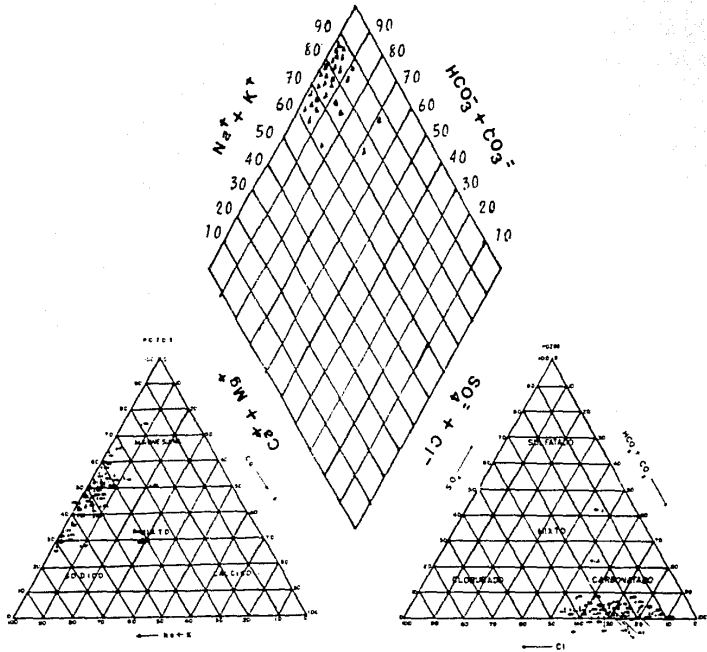
DIAGRAMA TRIANGULAR  
POZOS



Inf. tomada de C.F.E.  
Estudio Geoquímico, 1983.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.V.2 DIAGRAMA TRIANGULAR DE POZOS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

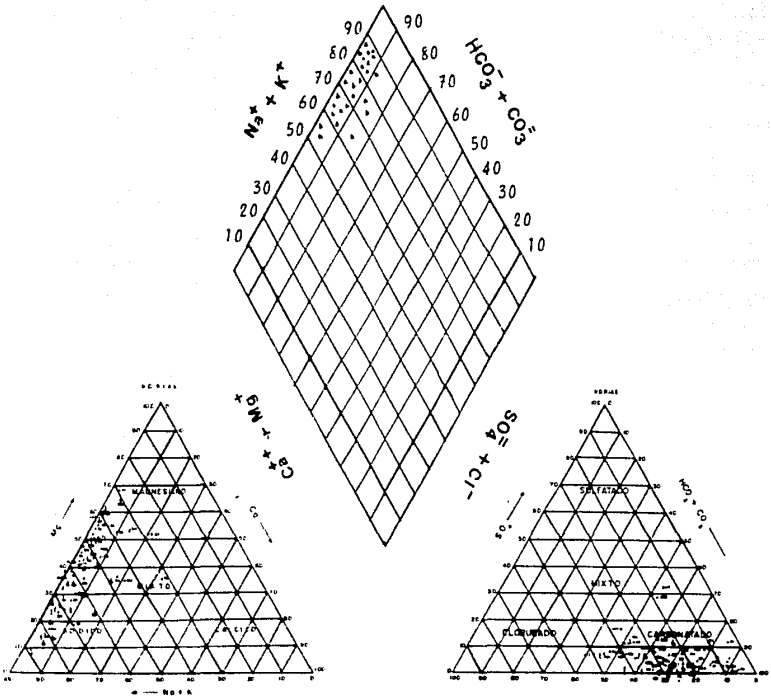
DIAGRAMA TRIANGULAR  
POZOS



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.V.3 DIAGRAMA TRIANGULAR DE POZOS	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDO	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Inf. tomada de C.F.E.  
Estudio Geoquímico. 1983.

DIAGRAMA TRIANGULAR  
NORIAS



FACULTAD DE INGENIERIA

U

CIENCIAS DE LA TIERRA

N

Fig.V.4 DIAGRAMA TRIANGULAR  
DE NORIAS

A

M

CARMEN LAURA MORALES RECINOS

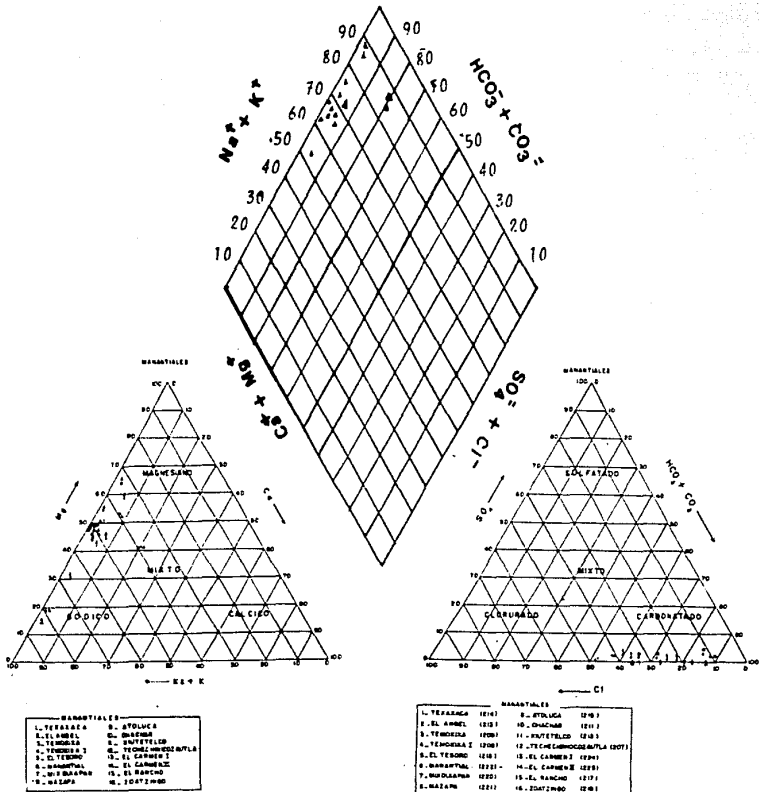
TESIS PROFESIONAL

1990

Inf. tomada de C.F.E.

Estudio Geoquímico. 1983.

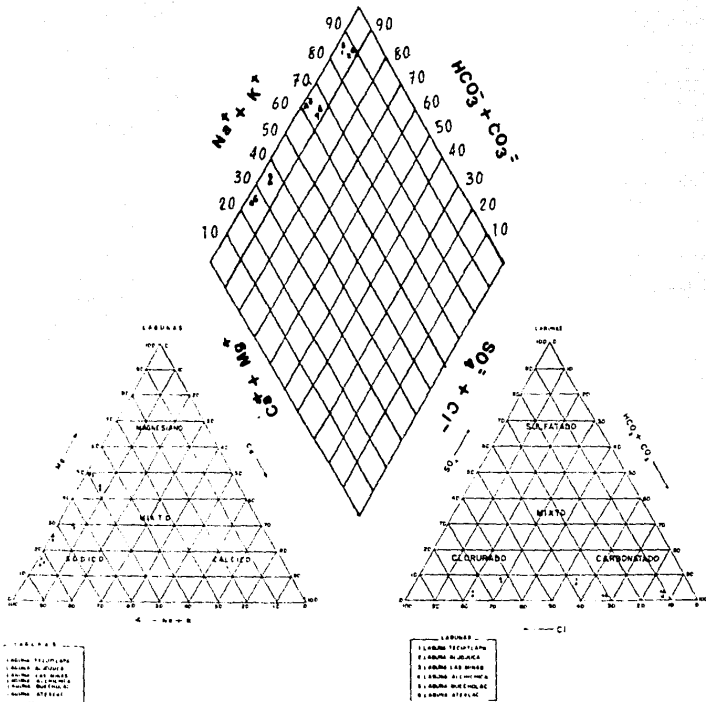
## DIAGRAMA TRIANGULAR MANANTIALES



Inf. tomada de C.F.E.  
Estudio Geoquímico. 1983.

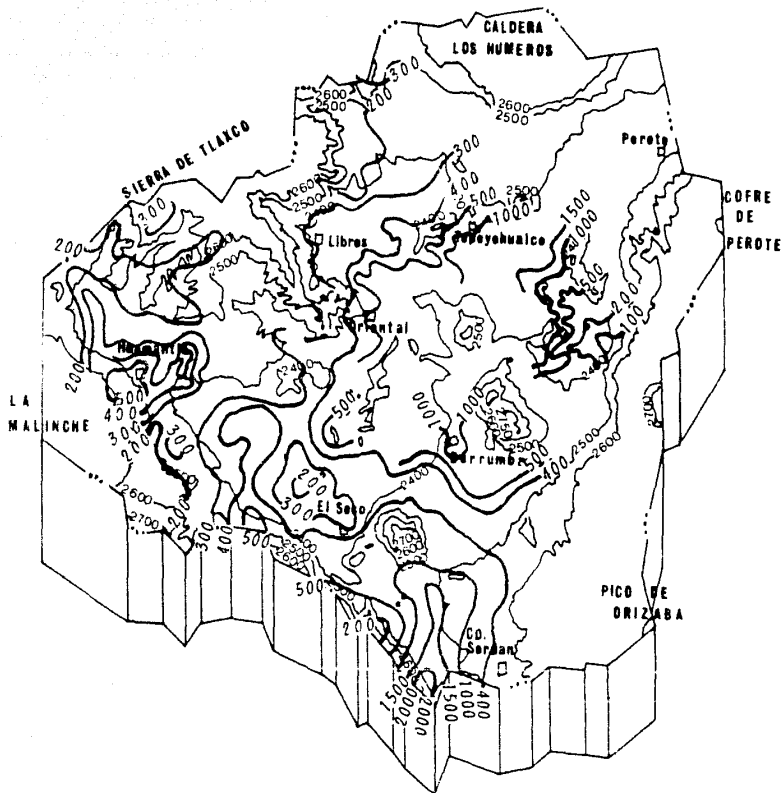
U N A M	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	<b>CIENCIAS DE LA TIERRA</b>	
	<b>Fig.V.5 DIAGRAMA TRIANGULAR DE MANANTIALES</b>	
	<b>CARMEN LAURA MORALES RECINOS</b>	
	<b>TESIS PROFESIONAL</b>	<b>1990</b>

## DIAGRAMA TRIANGULAR LAGUNAS



Inf. tomada de C.F.E.  
Estudio Geoquímico. 1983.

	FACULTAD DE INGENIERIA
II	CIENCIAS DE LA TIERRA
IV	Fig. V 6 DIAGRAMA TRIANGULAR DE LAGUNAS
A	
M	CARMEN LAURA MORALES RECINOS
	TESTIS PROFESIONAL      1990



SIMBOLOGIA

— 300 — Curvas de Isovalores de Sólidos totales disueltos  
STD (ppm)

	FACULTAD DE INGENIERIA	
U	CIENCIAS DE LA TIERRA	
N	Fig.V.7 CONFIGURACION DE STD.	
A	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
M	TESIS PROFESIONAL	1990

## VI. HIDROGEOLOGÍA

### VI.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

La siguiente descripción de unidades hidrogeológicas se realizó de acuerdo a los parámetros que determinan el funcionamiento y potencialidad de un determinado material, de tal manera que permita almacenar, recargar o transmitir el agua hacia otras unidades o captaciones artificiales. Estos parámetros son estimativos y de apreciación de campo, son la porosidad y permeabilidad.

Los materiales pueden ser de 2 tipos : granulares y fracturados, con características diferentes a considerar; en los granulares se analiza la porosidad, compactación, granulometría, selección, cementación, matriz, presencia de material arcilloso, intemperismo grado y tipo. En los medios fracturados se considera todo lo relacionado al fracturamiento, como es la intensidad, densidad, continuidad, abertura de separación, si están rellenas; además del tipo de material, carsticidad, intemperismo grado y tipo.

La descripción de las unidades hidrogeológicas se realizó desde la más antigua a la reciente, se agruparon las unidades atendiendo las anteriores características citadas de porosidad y permeabilidad, diferenciando 9 unidades hidrogeológicas que se describen a continuación:

#### UNIDAD 1.

Formación Pimienta (JP1)

#### Distribución

Su distribución es muy restringida; en un lomerío a la entrada del poblado de San Miguel Tenextatiloyan y al SE del poblado de Totalco en un pequeño promontorio.

#### Espesor y Edad

El espesor no ha podido medirse en el área, debido a su limitada exposición y a que los afloramientos presentes están muy plegados, no se observa contacto inferior, únicamente el superior en San Miguel Tenextatiloyan, la edad es Tithoniano.

### Porosidad

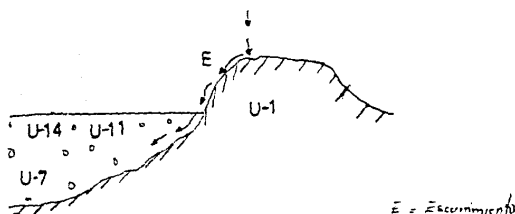
Se estima la porosidad de baja a nula debido al reemplazamiento y recristalización de las calizas, el fracturamiento no es continuo y está relleno de calcita, presenta además intercalaciones arcillosas, lo que reducen la porosidad primaria y secundaria.

### Permeabilidad

La permeabilidad, se considera muy baja, ya que no presenta características que permitan el paso del fluido.

### Funcionamiento Hidrogeológico

Por su espesor no medido pero reducido, su baja porosidad y permeabilidad, se considera que no almacena ni transmite el agua, por lo que la unidad funciona como impermeable. En afloramiento funciona como una zona de escurrimiento. Se considera la Formación Fimienta o su equivalente estratigráfico hacia el sur del área, que funciona como el basamento de los acuíferos en calizas (Formaciones Orizaba y Guzmantla) y del acuífero granular. No se han perforado ningún tipo de obra que corte esta unidad en la cuenca.



### UNIDAD 2.

Formaciones Tamaulipas Inferior (Kti) y Superior (Kts).

### Distribución.

Afloran en la porción centro norte, en las sierras de San Andrés Payuca, Tepeyehualco, Yolotepec, Techachalco, Tenextepec, así como otros afloramientos aislados al poniente de Quechulac y Las



Derrumbadas, también por la carretera que va de Libres a Teziutlán en la entrada de San Miguel Tenextatiloyan, al NW del área.

#### Espesor y Edad

Ambas unidades tienen un espesor promedio de 350 m. La edad de la Formación Tamaulipas Inferior es Berriasiano-Aptiano Inferior y la de la Tamaulipas Superior es Aptiano Superior-Cenomaniano.

#### Porosidad

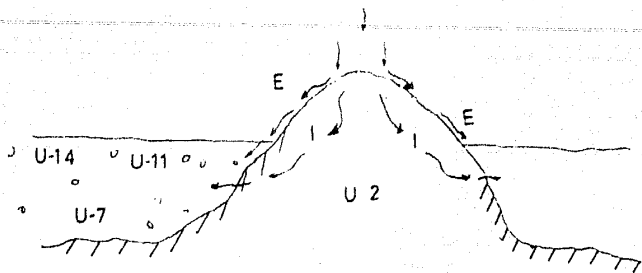
La porosidad es por fracturamiento dada por las discontinuidades de la roca y por disolución. Es de baja, encontrándose especialmente muy fracturada en las sierras de San Andrés Payuca, Yolotepec, donde se consideran las crestas de los pliegues anticlinales y donde llega a ser hasta moderada.

#### Permeabilidad.

En medios fracturados está dada precisamente por el fracturamiento que es de bajo a moderado, no continuo y a profundidad se cierran, la abertura de separaciones de las fracturas es de mm a 5 cm, en superficie se presentan rellenas de material tobáceo alterado, algunas otras están rellenas de calcita. Se presentan 2 direcciones preferenciales NE-SW y NW-SE con echado mayor de 50° al SE y NE respectivamente, el intemperismo químico varía de bajo a moderado, en algunas partes ampliando las huellas estilolíticas y pequeñas dolinas, se observan también estructuras de lapiaz.

#### Funcionamiento Hidrogeológico.

Las Formaciones son consideradas zonas de recarga en las sierras donde se encuentra más fracturada, donde no presenta este fracturamiento funciona como zonas de escurrimiento. Una característica importante es que las capas presentan un echado fuerte que favorece la infiltración y/o escurrimiento alimentando al acuífero granular. En los Humeros se realizaron pruebas de permeabilidad en la Formación Tamaulipas Inferior a profundidad y se considera muy pobre. En términos generales la unidad se considera semipermeable local restringida a zonas de fracturamiento. Esta unidad subyace (Formación Tamaulipas Inferior) a la considerada unidad permeable o acuífera en calizas (Formación Orizaba y Guzmantla), aunque si bien lateralmente existe un cambio hacia esta unidad (Formación Tamaulipas Superior); junto con el resto de unidades impermeables constituye el basamento impermeable del acuífero en granulares.



I Infiltración  
E Escarpamiento.

### UNIDAD 3.

#### Formación Orizaba (Kor)

Se ha convenido dividir la Formación Orizaba en 2 miembros: arrecifal y plataforma.

#### Distribución (Arrecifal).

Las facies arrecifales de la Formación Orizaba ocupan mayor extensión, cubre totalmente la sierra de Soltepec y parte de la sierra de Tenextepec en la porción NE del área.

#### Espesor y Edad

La edad es Albiano-Cenomaniano, el espesor es de 335 m para la facies arrecifales.

#### Porosidad

La porosidad es alta, debido a la presencia de facies arrecifales, característica que la hace mucho más vulnerable a la erosión e intemperismo.

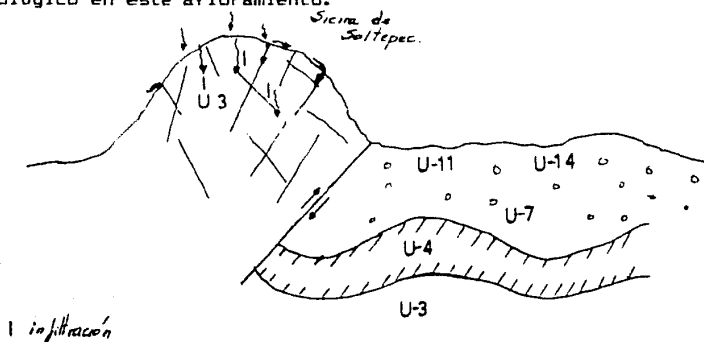
#### Permeabilidad

El intemperismo químico es el que más ha actuado propiciando una permeabilidad alta. Hacia la sierra de Soltepec se presentan dolinas, lapiaz y fracturamiento intenso debido al ensachamiento y profundización por disolución, en la sierra de Tenextepec no se observó el fracturamiento tan intenso en las laderas debido a que están cubiertas por una capa de caliche de unos 2 cm, que oscurece el afloramiento, por lo que baja la permeabilidad notoriamente.

## Funcionamiento Hidrogeológico

El funcionamiento hidrogeológico se debe principalmente a la permeabilidad y porosidad de la roca, así como la posición topográfica. En el más extenso y amplio afloramiento que es el de la sierra de Soltepec funciona como recarga en la parte superior de la sierra y en una posición topográfica baja se considera con capacidad de almacenar y transmitir agua. La unidad se presenta como un anticlinal recumbente al NE y con fallamiento inverso en el flanco norte, por lo que asegura su continuidad al sur fuera de la cuenca, así hacia el norte a la altura de los poblados de San Nicolás Buenos Aires y Zacatepec donde se profundiza en la planicie, en esta zona la unidad litológica que le sobreyace es la Formación Maltrata considerada de permeabilidad baja a nula por lo que esta actúa como confinante inferior del acuífero principal (granular) y confinante superior de la facies arrecifal de la Formación Orizaba, todo parece indicar que existe una descarga en el subsuelo a través de ella hacia la porción sur de la cuenca (según lo atestigua la dirección del flujo subterráneo fig. (V1.1 y V1.2), esta facies arrecifal es muy permeable, incluso hay presencia de manantiales en el flanco sur, debidos precisamente a ese control estructural, característica que favorece por tanto el escurrimiento e infiltración en dirección SW así como el flujo subterráneo, hasta el momento no se han perforado pozos en busca de agua subterránea que corten la unidad en el área.

En la sierra Tenextepc se presenta aislado el afloramiento, se desconoce su continuidad en el subsuelo hacia el sur aunque bien parece ser que se profundiza cambia de facies a la Formación Tamaulipas Superior y continúa en facies arrecifales por debajo de la sierra Citlaltépetl, hacia el norte no hay continuidad debido un fallamiento en dirección NW-SE que provoca una depresión que se rellenó posteriormente de clásticos y piroclásticos, por lo tanto no es claro su funcionamiento hidrogeológico en este afloramiento.



## Formación Orizaba(Kor) y Guzmantla(KGz)(Plataforma)

### Distribución

Se encuentran distribuidas hacia la porción SE. Las facies de plataforma interna o albúfera de las Formaciones Guzmantla y Orizaba afloran en la sierra de Tlachichuca, en las estribaciones de la sierra de Citlaltepetl, en la sierra de La Ventana, y un pequeño afloramiento al sur de la laguna Atexcac.

### Espesor y Edad

El espesor medido de la Formación Orizaba es de 770 m para las facies de plataforma interna, por otra parte la Formación Guzmantla fue medida alcanzando los 250 a 300 m. La edad es Albiano-Cenomaniano para Orizaba y Turoniano-Coniaciano para Guzmantla.

### Porosidad

La porosidad se debe al fracturamiento y disolución de la roca. El fracturamiento se considera moderado, se encuentran afloramientos casi masivos de estratificación gruesa cuyo fracturamiento da la impresión de grandes bloques en ambas formaciones, aunque la Guzmantla presenta mayor fracturamiento con 2 direcciones preferenciales NE-SW, NW-SE e inclinación al NE, SE, SW, y NW, fracturas abiertas hasta unos 20 cm, algunas presentan relleno total o parcial de material arcilloso y las de menor abertura están rellenas de caliche. La disolución es moderada, se encuentra formando dolinas pequeñas y lapiaz, ensanchando fracturas, en este tipo de rocas de plataforma la disolución es mayor debido a la ausencia de material arcilloso, el carbonato de calcio se encuentra más puro. Por lo que en general la porosidad es moderada a fuerte.

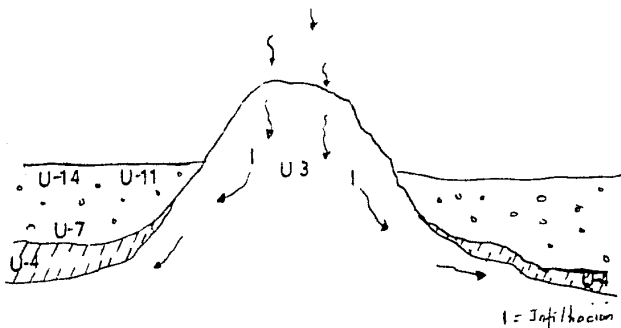
### Permeabilidad

La permeabilidad se encuentra favorecida por la disolución y el fracturamiento, en superficie se estimó de moderada a fuerte, seguramente bajo el nivel de saturación presentará un permeabilidad mayor.

### Funcionamiento Hidrogeológico

Una permeabilidad y porosidad moderada a alta permite considerar a la unidad con características de almacenar y transmitir agua. Se encuentra aflorando con un echado fuerte de capa general al SW, en las sierras de Tlachichuca, La Ventana, estribaciones de la sierra de Citlaltepetl, por posición topográfica funciona como zona de recarga, precisamente en las inmediaciones de estos

afloramientos al parecer se encuentra más somera esta unidad, donde proporciona un potencial acuifero a explorar y constituye el acuifero en calizas en las zona.



#### UNIDAD 4.

Formaciones Agua Nueva(Kan), San Felipe(Ksf), Maltrata(Kmt), Mendez (Km) y Mexcala(Kmx).

#### Distribución.

Afloran estas Formaciones en la sierra de San Andrés Payuca, Teppehualco, Yolotepec, Techachalco, en unos lomerios al este de la laguna Alchichica, en las laderas del Jalapasco del Barrio, Axaiapasco Quechulac, 2 pequeños afloramientos al pie de Las Derrumbadas, cerca del límite estatal de Tlaxcala y Puebla en un lomerio al NW de estación Manantiales y otro al SE, al sur del área; en el corte de la carretera que va de El Seco a Cd. Serdán después del poblado de Coatepec, también en 4 promontorios al oeste de la laguna de Aljojuca y al norte de Cd. Serdán 3 afloramientos mas.

#### Edad y Espesor

La edad de la Formación Agua Nueva es Turoniano, espesor de 250 m, Formación San Felipe es Coniaciano-Santoniano, espesor 200 m, la Formación Maltrata es Turoniano-Santoniano, cuyo espesor de 400 m, la Formación Mendez es Campaniano-Maestrichtiano su espesor en el área es de 200 m, finalmente la Formación Mexcala es Campaniano-Maestrichtiano, en el área no se ha medido su espesor ya que es muy limitada su exposición y no se observan sus contactos.

## Porosidad

En medios consolidados la porosidad por fracturamiento es la más importante. Al hacer el análisis de la información de campo de cada una de las formaciones se resumió lo siguiente: se considera el fracturamiento de bajo a moderado, cuando no es continuo y sin interconexión, rellenas de material arcilloso en su mayoría, y de calcita en la Formación Agua Nueva, el espesor de abertura en superficie es mayor y se acucian a profundidad, varía de mm a 7 cm, vetillas de carbonato de calcio cortan indistintamente los estratos, principalmente en la Formación Agua Nueva y Maltrata, se detectaron 2 direcciones preferenciales de fracturamiento que en promedio son: NE 15° a 70° con una inclinación de 50° al NW, y el otro es NE 30° a 60° con inclinación también de 50° y al SE. Las Formaciones Mexcala y Méndez tiene una porosidad mayor debido a la presencia de arcillas; el intemperismo químico es bajo, concluyendo que su porosidad es de baja a moderada.

## Permeabilidad

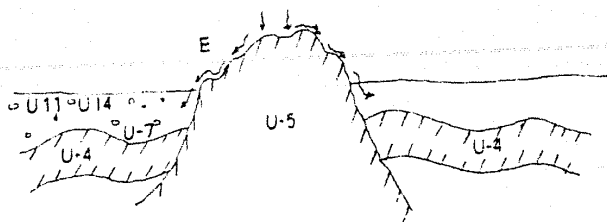
Aunque la unidad pueda ser considerada de una porosidad moderada, sucede que las arcillas tienen la propiedad de ser muy porosas pero debido a sus estructura misma y a propiedades de tensión superficial y capilaridad estas no permiten o no ceden el fluido, es decir queda atrapado en su estructura reduciendo por tanto la permeabilidad, que se considera baja para estas Formaciones, además de que el fracturamiento también es bajo.

## Funcionamiento Hidrogeológico

Se ha considerado la unidad debido a sus propiedades de porosidad moderada y permeabilidad baja como una unidad impermeable, aunque esta designación puede ser relativa al lugar donde se localice, ya que hay otros lugares como en el norte del país, en Cd. Victoria Tam., donde se está explotando y se considera acuífero la Formación Méndez, donde aún por reducida que sea la aportación, es bastante significativa para la escasez de la zona.

En la sierra de Payuca, Tepeyehualco, Yolotepec, Techachalco, aflora y presentan un echado de capa general al SW, la unidad funciona como zonas de escurrimiento que alimentan al acuífero granular, y en una posición topográfica baja como la base impermeable del acuífero granular.

Se tienen aprovechamientos de la CNA, al sur de la cuenca, que cortan a una profundidad de 100 m las calizas de la Formación Maltrata, la cual actúa como confinante inferior del acuífero granular.



#### UNIDAD 6

Formaciones Aiseseca (Ipam) y Teziutlan (Tpan).

#### Distribucion

Estas Formaciones constituyen los principales estructuras volcanicas de la cuenca, Cofre de Perote, sierra de Citlaltépeti, Pico de Orizaba, sierra de Tlaxco, La Malinche y caldera Humeros asi como afloramientos de menores dimensiones diseminados en la planicie.

#### Edad y Espesor

La edad de la Andesita Aiseseca por radiometria es del Mioceno Superior  $11 \pm 2$  m.a., para la Teziutlan fue del Plioceno Superior entre  $3.5 \pm 0.3$  m.a. y  $5 \pm 0.2$  m.a. la Formacion Teziutlan y Andesita Aiseseca los espesores que se han cortado son variables de 400 a 1,650 m en los pozos en la caldera Humeros, aunque bien podria ser mucho mayor en las sierras y estratovolcanes antes mencionados.

#### Porosidad

En medios consolidados la porosidad por fracturamiento es muy importante, en los afloramientos se pudo observar un fracturamiento moderado a intenso, fracturas continuas a profundidad, con una separación desde mm hasta unos 15 cm en su mayoría vacías en las porciones más altas y ya cerca de la planicie completamente rellenas de material arcilloso, se considera una porosidad de moderada a fuerte.

En la caldera de los Humeros constituyen las rocas productoras o huespedes y se consideran un solo paquete, el fracturamiento es variable en el campo geotermico, su porosidad es debida al fracturamiento que es variable,

## Permeabilidad

En los afloramientos existen unas zonas más permeables que otras, la permeabilidad varía de moderada a intensa y en otras zonas es bajo a moderado.

Las pruebas de permeabilidad realizadas en algunos pozos en el campo geotérmico revelan que varía, hay pozos más productores que otros, esto refleja las variaciones del fracturamiento y de transmisividad, en Humeros.

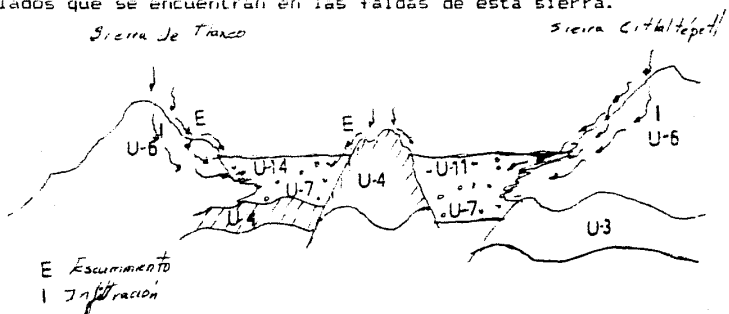
## Funcionamiento Hidrogeológico

En las sierras en las partes altas, el agua que se precipita en forma de lluvia se infiltra y viaja por las fracturas descendiendo hasta llegar a la planicie donde alimenta el acuífero constituido por granulares.

En la caldera Humeros en donde pertenece a otro sistema funciona como acuífero o roca productora, a una profundidad variable de 700-2600 m, a una elevación sobre el nivel del mar de 0 a 2600 m, reportadas a partir de los pozos del campo geotérmico que están cortando estos derrames andesíticos.

Es importante notar que existen manantiales en el frente de un derrame (zona de autobrechamiento) de la Formación Teziutlán en el contacto del derrame y la planicie. La calidad del agua en ellos varía, uno es rico en sales Na-Cl y el otro es agua de buena calidad, se encuentra en las inmediaciones del poblado El Carmen.

En las partes de media montaña se tienen manantiales de pequeña aportación menor de 1 l.p.s. con caudal solo en época de lluvias, en la alta montaña se tienen manantiales de gran caudal producto de los deshielos, que es captada y baja por gravedad abasteciendo los poblados principales como Perote, Tlalchichuca, y pequeños poblados que se encuentran en las faldas de esta sierra.





## UNIDAD 7

### Terciario Sedimentario Lacustre (Tsl)

#### Distribución

Aflora en la sierra de Tlaxco, en los bloques escalonados al norte de Huamantla.

#### Edad y Espesor

Se le consideró una edad del Plioceno Superior por sus relaciones con las unidades sobreyacente y subyacente.

#### Porosidad

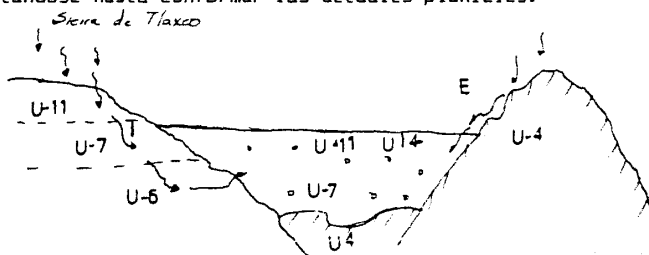
Tienen porosidad primaria moderada a alta, no se encuentran consolidados ni compactos.

#### Permeabilidad

La permeabilidad es también moderada a alta, debida a su porosidad primaria.

#### Funcionamiento Hidrogeológico

Presentan una porosidad y permeabilidad que le confieren la característica de almacenar y transmitir agua, se encuentra constituyendo el acuífero granular, junto con los posteriores depósitos de piroclásticos y clásticos que continuaron depositándose hasta conformar las actuales planicies.



E Escamintto  
I Inf. Hacia

## UNIDAD 8.

### Formación Xáltipan (Qign)

La ignimbrita Xáltipan presenta 3 tipos de piroconsolidación en donde la parte basal es de piroconsolidación densa, y las otras 2 partes superiores son piroconsolidación media y sin piroconsolidación.

### Distribución

Aflora al SW de Perote, al NE de Tepeyahualco, al NE del cerro Pizarro y en la caldera Humeros.

### Edad y Espesor

Se tienen 2 fechamientos Ferriz y Mahood en 1984 dataron 0.46 m.a. (Pleistoceno Medio), Yañez reportó 0.56  $\pm$  0.21 m.a., ambas edades radiométricas de K-Ar, en cuanto al espesor en Humeros se detectó un potente espesor de esta roca sello de 740 m.

### Porosidad

También de tipo secundaria por el fracturamiento, en la parte basal es bajo, en afloramiento se comporta como una roca poco fracturada homogénea continua, dentro del área de estudio.

En Humeros la roca presenta bajo fracturamiento y la porosidad debida a este fracturamiento es baja también, funciona como roca sello.

Hacia Altotonga fuera del área al NE, se observaron 2 direcciones preferenciales al NE-SW y NW-SE, continuas, a profundidad se acuñan, con una separación desde mm hasta 10 o 20 cm, sin relleno; al parecer han sido ensanchadas por los agentes de intemperismo y erosión, que en esta zona actúan de manera más intensa, debido al cambio climático y topográfico.

### Permeabilidad

En la zona de estudio se considera de baja permeabilidad, también en Humeros esta es baja.

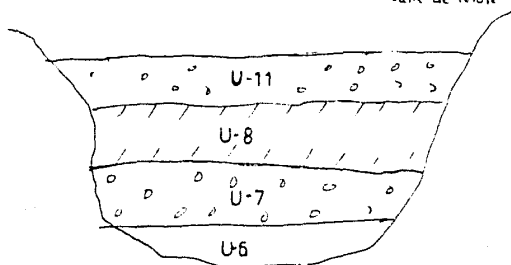
### Funcionamiento Hidrogeológico

En esta unidad el fracturamiento es bajo. En los afloramientos dentro del área, se presenta con un comportamiento impermeable, y aun en contacto con pómez y tobas que le sobreyacen, no hay manantiales; algo contrario a lo que ocurre fuera del área, hacia el NE, donde además de presentarse ese mismo contacto y estar más fracturada y en posición topográfica más baja, se tiene la presencia de manantiales de gran caudal de 1 m<sup>3</sup>/seg o más; sus miembros de piroconsolidación nula y media y los

depósitos de pómez permiten la infiltración del agua, hasta que encuentra el miembro impermeable de piroconsolidación densa, donde se manifiestan los manantiales, son abundantes en los poblados de Altotonga, La Estanzuela, Zoatzingo, es importante mencionar que exactamente al otro lado del parteaguas septentrional y oriental de la cuenca aumenta considerablemente la precipitación, por ser parte de la vertiente del golfo.

Se puede concluir que su comportamiento en el área es de roca impermeable propiciando zonas de escurrimiento en los afloramientos y como la base impermeable en el subsuelo del acuífero granular de pómez, tobas y aluvión; esta unidad impermeable separa este acuífero del constituido por el Terciario Sedimentario Lacustre y las andesitas Teziutlán. En Los Humeros también actúa como roca sello del yacimiento geotérmico.

Valle de Perote



#### UNIDAD 9.

Riolita Oyameles (Orío)

#### Distribucion

La riolita aflora en los cerros Las Aguilas, Pinto, Pizarro, Las Derrumbadas y en la caldera Los Humeros.

#### Edad y Epesor

La riolita se tiene dos dataciones Yañez, 1982  $1 \pm 0.2$  m.a., y Ferriz y Mahood en 1984, de 0.4 m.a.

#### Porosidad

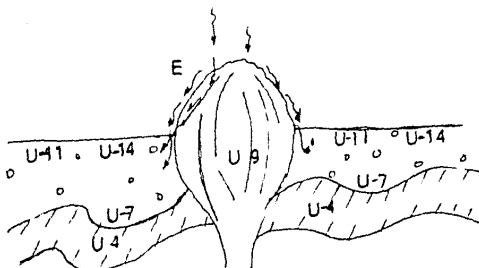
La porosidad debida al fracturamiento es baja.

## Permeabilidad

Tiene una permeabilidad baja, debida a un fracturamiento bajo.

## Funcionamiento Hidrogeológico

Los domos actúan como zonas de escurrimiento a través de los planos de exfoliación, alimentando al acuífero granular, a profundidad la roca tiene una cristalización gruesa y un comportamiento homogéneo. Es una unidad impermeable.



Formaciones San Antonio: miembro Orilla del Monte (Qso), miembro La Viola (Qsv) y Formación Tenamastepec miembro Arenas (Qta). Afloran únicamente en la caldera Humeros por lo que no se realiza su descripción.

## UNIDAD 10

Lacustres (Q1)

### Distribución

Los lacustres se encuentran en zonas de las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco y en las inmediaciones de estas.

### Edad y Espesor

El derrame Tepeyehualco de la Formación Tenamastepec se depositó sobre el cuerpo lacustre de Tepeyehualco que en realidad ha estado presente junto con el de Totolcingo desde que se formaron las fosas que separan las sierras en el Terciario Medio después de la orogenia, un poco antes Pleistoceno Superior, que es la edad de los flujos Tepeyehualco, los cuerpos lacustres ya tenían la posición actual. En cuanto al espesor no se ha estimado,

aunque por geofísica parece ser que estos cuerpos ocupan o quedaron como remanentes de depresiones rellenas y las más profundas.

#### Porosidad

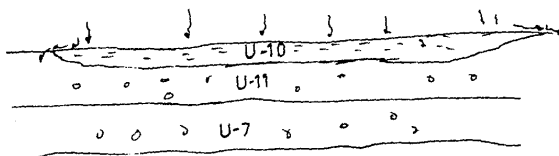
Los materiales que constituyen el cuerpo lacustre son finos, se desconoce la profundidad pero al menos en la porción superior se encuentran estos materiales de baja porosidad.

#### Permeabilidad

Se considera de baja permeabilidad.

#### Funcionamiento Hidrogeológico

Debido a su baja porosidad y baja permeabilidad, al menos en la porción superior donde se encuentran estos materiales tiene un comportamiento impermeable.



#### UNIDAD 11.

Pómez y Tobas (Qpo) (Qto)

#### Distribución.

La unidad se encuentra distribuida al poniente del área, en las laderas de la sierra de Tlaxco, y al NW de Huamantla, en las faldas de La Malinche, en las laderas de la cadena montañosa Cofre de Perote-Pico de Orizaba, las laderas de la sierra de Soltepec.

### Edad y Espesor

Los depósitos de pómez y tobas tiene espesores de más de 50 m y cubren indistintamente las unidades antiguas, algunas veces le sobreyacen derrames volcánicos recientes, estos productos piroclásticos tuvieron emisiones durante considerables intervalos de tiempo, y son considerados del Pleistoceno Superior.

### Porosidad

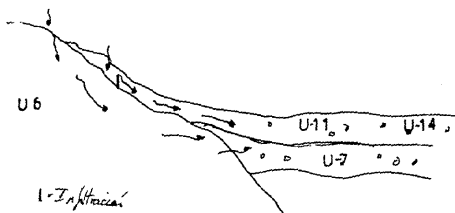
Tienen una porosidad primaria alta.

### Permeabilidad

La permeabilidad es alta dada por la porosidad primaria.

### Fucionamiento Hidrogeológico

La unidad en afloramiento cubre las laderas de las sierras actuando como zonas de recarga, en una posición topográfica baja constituye parte del acuífero granular principal que se aloja en las planicies.



### UNIDAD 12.

#### Lahares Derrumbadas (Q1a)

#### Distribución

Los lahares se localizan al pie de las Derrumbadas.

#### Edad y Espesor

Presentan un espesor de 50 a 150 m y son del Pleistoceno Medio.

### Edad y Espesor

Los depósitos de pómez y tobas tiene espesores de más de 50 m y cubren indistintamente las unidades antiguas, algunas veces le sobreyacen derrames volcánicos recientes, estos productos piroclásticos tuvieron emisiones durante considerables intervalos de tiempo, y son considerados del Pleistoceno Superior.

### Porosidad

Tienen una porosidad primaria alta.

### Permeabilidad

La permeabilidad es alta dada por la porosidad primaria.

### Funcionamiento Hidrogeológico

La unidad en afloramiento cubre las laderas de las sierras actuando como zonas de recarga, en una posición topográfica baja constituye parte del acuífero granular principal que se aloja en las planicies.



### UNIDAD 12.

Lahares Derrumbadas (U12)

### Distribucion

Los lahares se localizan al pie de las Derrumbadas.

### Edad y Espesor

Presentan un espesor de 50 a 150 m y son del Pleistoceno Medio.

### Porosidad

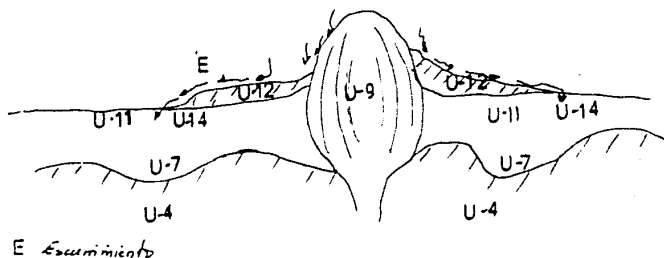
La porosidad en los lahares es baja, debido a la ausente clasificación y angulosidad de sus componentes, la presencia de matriz arcillosa aunque esta es porosa no cede el fluido.

### Permeabilidad

La permeabilidad es baja.

### Funcionamiento Hidrogeológico

Para los lahares, su porosidad y permeabilidad es baja, por lo que se consideran zonas de escurrimiento. constituyen también una unidad impermeable.



### UNIDAD 13.

Materiales de explosión de las calderas (Qme).

Estos materiales son contemporáneos con el miembro El Limón pero como varían sus características de porosidad y permeabilidad y por tanto de funcionamiento hidrogeológico se separó en otra unidad.

### Distribución

Los materiales de explosión se localizan alrededor de las calderas de Aichichica, Quechulac, Atexcac, La Preciosa, Aljojuca, Tecuitlapa, Hoyo Grande, Jalapasquillo etc.

### Edad y Espesor

Los materiales de explosión son contemporáneos a los eventos del miembro el Limón estos derrames.



## Porosidad

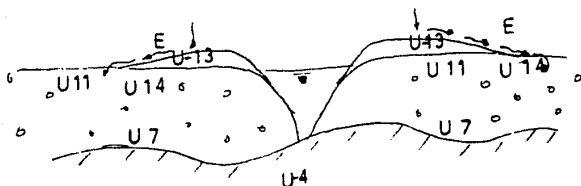
Estos materiales tienen la presencia de todo tipo de tamaños de clásticos y piroclásticos y matriz fina arcillosa, se encuentran compactos, reduciendo la porosidad, la cual es baja.

## Fermeabilidad

La permeabilidad es también reducida, baja.

## Funcionamiento Hidrogeológico

De acuerdo a su reducida porosidad y permeabilidad, los materiales de explosión actúan como zonas de escurrimiento, zonas impermeables.



## UNIDAD 14.

Formación Tenamastepec, miembro El Limón (Qt1) y Aluvión (Qal)

## Distribución

En el cerro Quimicho al NW de Huamantla, en las faldas de la Malinche, al sur de Cd. Serdán en los alrededores de Las Derrumbadas y cerro Pinto; también en las planicies de las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco, al NE de Totalco, así como diseminados en las laderas de la sierra de Citlaltépetl, al suroeste del poblado de EL Carmen, al NE de Tepeyehualco, al sur, en San Salvador El Seco hay varios aparatos volcánicos, otras manifestaciones a la altura de los poblados de Gualdalupe Victoria, Maravillas, La Gloria y Tlalconteno. Unos derrames se encuentran en el cerro El Brujo, en el poblado de La Gloria, por la ladera sur de la caldera Humeros descienden los flujos Tenextepec, Tepeyehualco y El Limón. El aluvión tiene una gran distribución en toda la planicie.

## Edad y Espesor

La edad que Negendank reportó para este vulcanismo es de 0.050 m.a. Pleistoceno Superior al Reciente, para estos materiales. El miembro El Limón tiene una edad de  $0.58 \pm 0.10$  m.a. del Pleistoceno Medio por Yáñez, Negendank reporta una edad holocénica de 0.10 m.a. y Ferriz y Mahood en 1984 de 0.04 a 0.02 m.a., estos derrames tienen un espesor de 20 a 50 m. El aluvión es el más reciente y su espesor es variable.

#### Porosidad

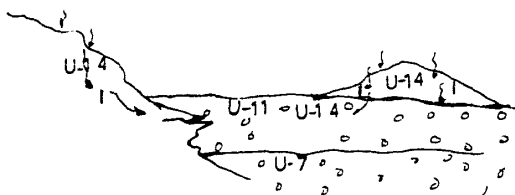
Los derrames tipo "aa" o malpaíses como son llamados frecuentemente, son muy porosos, las pómez y tobas son sumamente porosas, y los aparatos volcánicos con o sin derrames asociados debido a que son compuestos por piroclásticos, cenizas y derrames de composición basáltica, tienen porosidad alta, los derrames se encuentran fracturados confiriéndole una alta porosidad, en general todos estos materiales presentan una porosidad primaria alta.

#### Permeabilidad

En cuanto a su permeabilidad está es alta, debida a porosidad primaria y secundaria alta.

#### Funcionamiento Hidrogeológico

Debido a su alta porosidad y permeabilidad, pueden almacenar y transmitir el fluido, además con una posición topográfica baja, la unidad es parte del acuífero granular en las planicies, en afloramiento están funcionando como zonas de recarga alimentando directamente al acuífero granular de piroclásticos y clásticos.



1 Infiltración

TABLA No. VI.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

UNIDAD	FORMACIONES	FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO	
1	PIMIENTA	IMPERMEABLE	
2	TAMAULIFAS INFERIOR TAMAULIFAS SUPERIOR	SEMIPERMEABLE	
3	ORIZABA (arreciafal) ORIZABA Y GUZMANTLA (Plataforma)	PERMEABLE	ACUIFERO
4	AGUA NUEVA SAN FELIPE MALTRATA MENDEZ MEXCALA	IMPERMEABLE	
5	INTRUSIVOS Tig y Tis	IMPERMEABLE	
6	ALSESECA TEZIUTLAN	PERMEABLE	ACUIFERO
7	TERCIARIO SEDIMENTARIO LACUSTRE	PERMEABLE	ACUIFERO
8	XALTIPAN	IMPERMEABLE	
9	RIDLITA OYAMELES	IMPERMEABLE	
10	LACUSTRES	IMPERMEABLE	
11	FUMEZ Y TOBAS	PERMEABLE	ACUIFERO
12	LANARES DERRUMBADAS	IMPERMEABLE	
13	MATERIALES DE LAS CALDERAS DE EXPLOSION	IMPERMEABLE	
14	TENAMASTEPEC (El Limón) ALUVION	PERMEABLES	ACUIFERO

## VI.2 ANALISIS DE CONFIGURACION DE NIVELES ESTATICOS

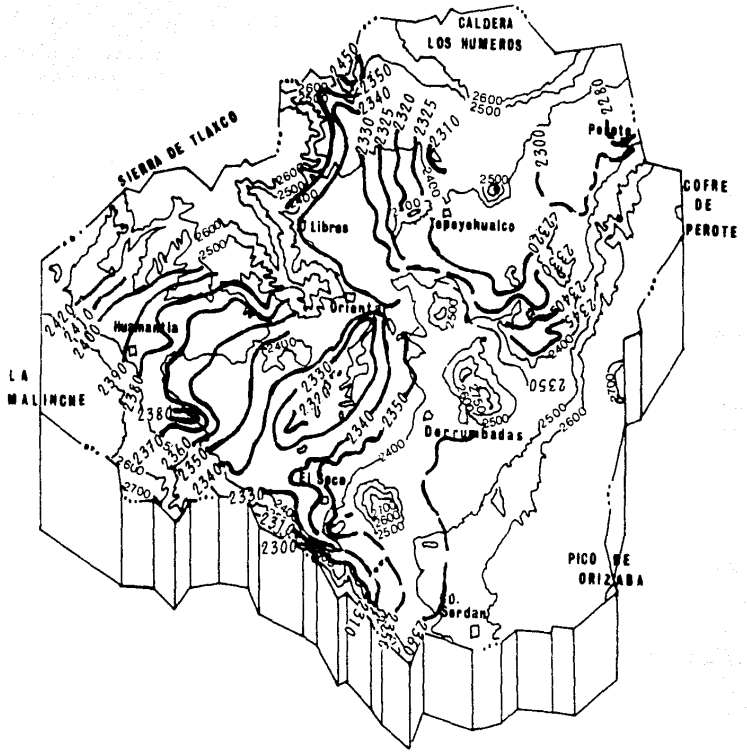
El análisis de los niveles estáticos de los años de 1980 y 1984 fig. (VI.1 Y VI.2) se describe a continuación.

Al observar la configuración de niveles estáticos se observan 2 tendencias generales del flujo en la cuenca. Una porción norte y otra sur, la estructura con dirección NW-SE que divide la cuenca en dos porciones, refleja su comportamiento estructural en los niveles estáticos, lo que propicia un parteaguas hidrodinámico que divide del mismo modo a la cuenca. Este parteaguas ya había sido considerado en el estudio que realizó ITS.S.A. en 1985, donde justifican su presencia en unos perfiles geofísicos, en el que se interpretan materiales de baja permeabilidad y lo asumen al contenido de arcillas. En este trabajo se define como una estructura con las características ya mencionadas en dirección NW-SE y las condiciones hidráulicas como respuesta a un control estructural.

En la porción norte quedan comprendidos los poblados de Libres, Cuyoaco, Oriental, Tepeyehualco, Techachalco, Guadalupe Victoria, Alchichica, Totalco y Perote. El flujo del agua subterránea es de las partes altas (sierras) hacia la laguna de Tepeyehualco. En la porción de Libres, Cuyoaco, Oriental el flujo tiene una dirección E-NE; en los poblados de Guadalupe Victoria y Maravillas el flujo desciende de la sierra Citlaltépetl en dirección NW también hacia la laguna de Tepeyehualco; a la altura de los poblados de Totalco y Perote la dirección del flujo no es clara, al parecer cambia, se hace franca al NE aunque bien podrían ser condiciones locales. Aquí también existe un control estructural, entre el Limón y Perote se tiene una falla NW-SE, con anterioridad a este trabajo se consideraba que por este valle existía una salida del flujo subterráneo, pero por hidrogeoquímica se descartó que los manantiales que descargan al NE pertenezcan a este sistema. El comportamiento del agua subterránea se observa en la configuración de las curvas de igual elevación de los niveles estáticos riguras (VI.1 y VI.2), para el año de 1984 y 1980, cuyos valores oscilan de 2350 msnm en los estribaciones de las sierras y hacia la Laguna alcanzan los 2320 msnm.

Hacia la mitad meridional de la cuenca, al poniente en los poblados de Huamantla, Cuapiaxtla, Nopalucan, El Carmen prácticamente en lo que corresponde al estado de Tlaxcala, la dirección del flujo subterráneo es SE hacia la Laguna de Tototzingo o El Carmen, con valores que varían de 2420 msnm a 2330 msnm; al este en los poblados de Tlachichuca, Nicolás Buenos Aires y Venustiano Carranza el flujo es hacia el NW; desciende de la sierra de Citlaltépetl con una altitud sobre el nivel del mar de 2340 m hacia la Laguna a 2320 msnm. En el límite sur de la cuenca entre la sierra de Soltepec y los poblados de Soltpec, San Salvador El Seco, Santa María Coatepec y Aljojuca, la dirección del flujo es al sur hacia la sierra de Soltepec, y

es precisamnte donde se considera la salida subterránea de la cuenca, aunque más bien esto pudiera deberse a condiciones locales.

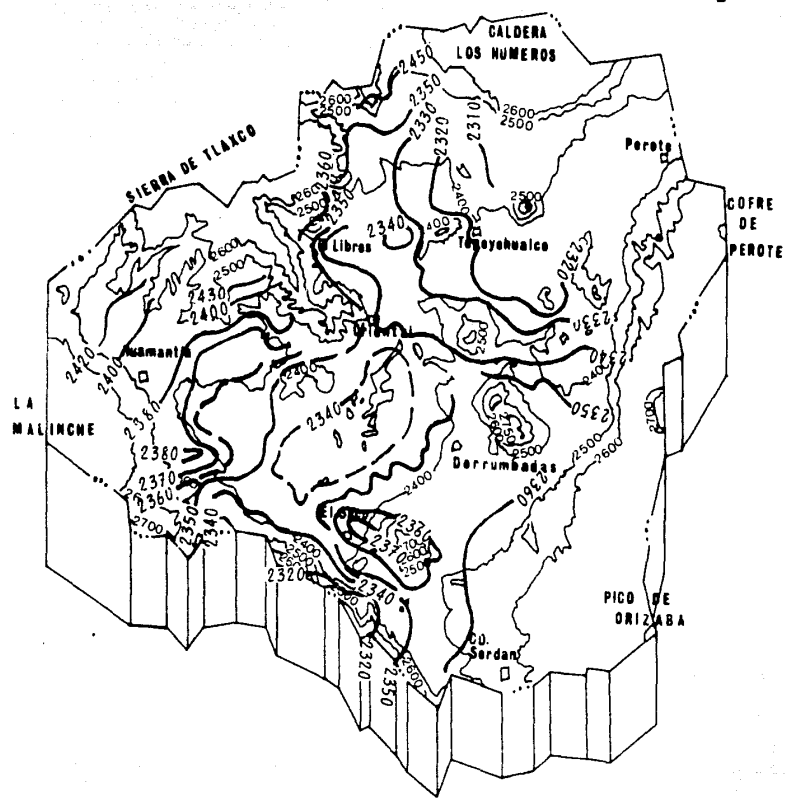


**SIMBOLOGIA**

—2400— Curva de igual elevación del nivel estático.  
 1984 (msnm).

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig. VI.1 CONFIG. DE ELEV. DEL NIVEL ESTÁTICO 1984	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Tomado de ITS.S.A. 1985.



**SIMBOLOGIA**

—2300— Curva de igual elevación del nivel estático.  
1980 (msnm).

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.VI.2 CONF16. DE ELEV. DEL NIVEL ESTATICO 1980	
	CARMEN LAURA MORALES RECINDS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

Tomado de ITS.S.A. 1985.

### V.3. INTEGRACION DE RESULTADOS

#### V.3.1. MUDELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO

La cuenca de Oriental de edad Plio-Cuaternario, de carácter volcánico y de origen asociado a la historia del Eje o Faja Volcánica Mexicana, está relacionada también a la historia de la Sierra Madre Oriental que le subyace. Esta última está constituida en la porción norte por una secuencia arcillo-calcárea del Jurásico Tardío, a la que le sobreyacen depósitos de carbonatos del Cretácico Temprano y Medio. Hacia el sur se tienen secuencias de plataforma y arrecifales, por lo que en conjunto se tienen tres ambientes de depósito: de cuenca, plataforma y arrecifales. Para fines del Cretácico se incrementó el aporte de material terrígeno, por lo que se tienen secuencias eminentemente arcillosas, que culminaron con la deposición mesozoica marina y que anunciaron la deformación laramídica, cuyos movimientos compresivos generaron estructuras pliegues y fallas con dirección NW-SE Y NE-SW. La deformación en las rocas de cuenca, plataforma y arrecifales difiere debido a la competencia, estratificación, litología etc., conformando una topografía muy irregular, con una disposición de bloques altos y bajos, que dio como resultado una tectónica compleja, que controla las características hidráulicas en el área. Existen 2 estructuras dentro de la cuenca, detectadas con prospección gravimétrica que no tienen manifestación superficial, con dirección NW-SE y con cierto paralelismo a la sierra de Soltepec, la primera se localiza al norte, misma que se considera, como una continuación de la estructura detectada en Humeros, que corta el valle de Perote, y cuyo bloque caído se ubica precisamente en este valle. La otra estructura que pasa al norte del poblado de Oriental continúa por las Derrumbadas y sigue con la misma dirección cruzando la sierra de Citlaltépetl, divide a la cuenca en 2 porciones norte y sur, hidráulicamente divide también a la cuenca, en dos tendencias del flujo subterráneo, norte y sur, lo que permite considerar aquí un parteaguas hidrodinámico.

Las estructuras con dirección NE-SW se reactivaron en el Terciario Medio como fallas normales, formando la estructura de Libres-Oriental, propiciando zonas de debilidad que aprovechó la actividad magmática del Eje o Faja Volcánica Mexicana, que edificó las estructuras volcánicas que circundan y conforman la cuenca de Oriental, durante su evolución ocurrió el traslape con el volcanismo de la provincia alcalina oriental, lo que a su vez origina que algunos manantiales del frente de la denominada falla Principal NE-SW tenga altos contenidos de Na y K.

Las fosas o depresiones debidas a fallamiento en dirección NW-SE y NE-SW, se rellenaron con productos volcánicos y sedimentarios, desde el Terciario Medio hasta el Reciente. Debido a sus



características de depósito se presentan horizontes interdigitados que se acuñan, es decir condiciones de relleno muy heterogéneas, que se manifiestan en fuertes variaciones de permeabilidad lateral y vertical. Estas depresiones separan los altos estructurales o horst que conforman las sierras aisladas sedimentarias dentro de la cuenca. Basados en estudios gravimétricos se detecta una topografía muy irregular en el basamento calizo, por lo que en las fosas se encuentran espesores variables de materiales granulares de relleno, que conforman el acuífero. Las depresiones más profundas se localizan en las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco; se considera por estos estudios que en la porción norte de la cuenca dichas depresiones que actualmente modelan las planicies o valles, tienen espesores de materiales de relleno no mayores a 200 m, a excepción de la laguna Tepeyehualco, como se mencionó anteriormente. La porción sur tiene una depresión muy extensa y la más profunda, quizá a más de 500 m, donde se encuentra la laguna Totolcingo y por lo tanto el espesor acuífero puede ser mayor, como esto último es objeto de discusión se propone realizar una perforación exploratoria cerca de dichos cuerpos, para esclarecer este punto.

La actividad volcánica continuó aprovechando las zonas de debilidad NW-SE y NE-SW, y por ellas se emplazaron los domos riolíticos, conos cineríticos, conos de escoria, volcanes con derrames asociados, estratovolcanes y calderas de explosión. Los depósitos de tobas y pómez continuaron rellenando las depresiones y suavizando las pendientes de las sierras, al igual que los depósitos aluviales y de pie de monte.

Dentro de este marco geológico, se determinaron 5 unidades permeables que en condiciones topográficas favorables funcionan como acuíferos. La primera la constituyen las rocas de plataforma de las formaciones Orizaba y Guzmanilla, así como las facies arrecifales de la Formación Orizaba. El sistema acuífero principal en granulares lo constituyen 3 unidades permeables: el primero lo constituye el Terciario Sedimentario Lacustre compuesto por tobas redepositas y clásticos interdigitados, el segundo los depósitos de Pómez y Tobas y el tercero lo conforma el miembro El Limón de la Formación Tenamastepec constituido por derrames basálticos, conos cineríticos, volcanes monogénicos con derrames asociados, productos piroclásticos de los diferentes eventos explosivos y el aluvión. En Humeros las formaciones Ahseaca y Teziutlán funcionan como acuífero y como un sistema independiente del acuífero principal granular, constituye el quinto acuífero en la zona. Como barreras o unidades impermeables al flujo subterráneo se tiene las formaciones Pimienta, Agua Nueva, San Felipe, Maltrato, Mender, Mexcala, los intrusivos del terciario, la ignimbrita Xaltipan, Riolita Oyameles, Lahares Derrumbadas, los lacustres cuaternarios y los materiales de las calderas de explosión, que en total constituyen 8 unidades permeables. Finalmente se consideró una unidad semipermeable local restringida a zonas de fracturamiento de las formaciones Tamaulipas Inferior y Superior.

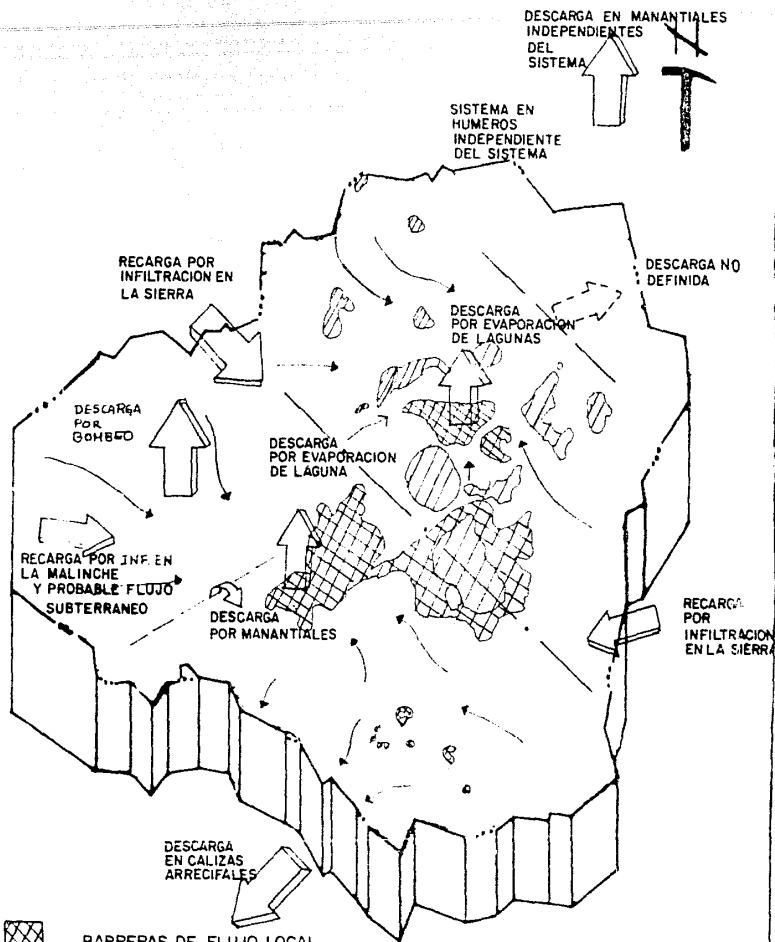
El acuífero granular que se aloja en las planicies, lo constituye el Terciario Sedimentario Lacustre, los depósitos de Pómez y Tobas, el miembro El Limón y el aluvión. Es el acuífero que se encuentra mayormente explotado por 1100 captaciones subterráneas aproximadamente. Las formaciones del Cretácico Superior constituyen la base impermeable de este acuífero granular en la cuenca. En la porción norte se tiene constituyendo dicho basamento impermeable a las rocas carbonatadas de cuenca de la Sierra Madre Oriental, por lo que se descarta la posibilidad de encontrar un acuífero en calizas a profundidad. No obstante en la porción sur bajo el Cretácico Superior impermeable se tienen calizas de plataforma y arrecifales consideradas como acuíferas, que hasta la fecha no han sido exploradas con perforaciones y que se perfilan como uno de los grandes potenciales a explorar.



El sistema se determinó que una fracción se recarga por las sierras que la circundan, como lo indica el flujo subterráneo en la configuración de elevación de niveles estáticos y en la configuración de sólidos totales disueltos, otra componente en la recarga también ocurre en las formaciones permeables ya descritas anteriormente, en las estructuras volcánicas ubicadas sobre las planicies y que permiten que el agua se infiltre hacia el acuífero principal.




La descarga se efectúa por bombeo, manantiales, evaporación de las lagunas y por un flujo subterráneo al sur de la cuenca. En uno de los últimos balances y en un modelo matemático, que considera datos recientes, se calculó una descarga de  $6.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , contra una recarga de  $4.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , lo que se traduce en un déficit de  $2.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , a costa del almacenamiento fig. (VI.3).

La ardua investigación y recopilación realizada en este trabajo, puede servir de base para estudios más detallados, geológicos, geohidrológicos, geotérmicos, etc., ya que esta por su evolución geológica es muy compleja.

Lo expuesto en este trabajo, puede ser ciertamente ampliado, ya que puede adolecer de particularidades por lo que queda sujeto a otras interpretaciones que complementen su enfoque.



-  BARRERAS DE FLUJO LOCAL
-  BARRERAS DE FLUJO REGIONAL

-  PARTEAGUAS HIDRODINAMICO
-  LINEA DE FLUJO SUBTERRANEO
-  ESTRUCTURA

U N M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	Fig.VI.3 MODELO CONCEPTUAL	
	CARMEN LAURA MORALES RECINOS	
	TESIS PROFESIONAL	1990

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VII.1 CONCLUSIONES

#### PRIMERA.

- Se identificaron 2 periodos de deformación. El primer período presenta estructuras en dirección NW-SE originadas por la orogenia Laramide; estas estructuras fueron afectadas en su última etapa por un segundo período de deformación con orientación NE-SW representada por fallas laterales que provocaron los desbordamientos de la SMO, acompañado de un magmatismo sin-orogénico en esta dirección. Estas fallas laterales se reactivan en el Terciario Medio como fallas normales formándose la estructura Libres-Oriental y asociado a este fallamiento se presenta el magmatismo calciocalino de la FVM, la manifestación del magmatismo alcalino es más reciente.

#### SEGUNDA.

- En la región existen 2 tipos de magmatismo: calciocalino y alcalino con un predominio del primero cuyo origen está estrechamente relacionado a la FVM. Las manifestaciones de magmatismo alcalino se asocian a la Provincia Alcalina Oriental el cual aparentemente se relaciona a fracturas corticales profundas de dirección NE, que podrían ser heredadas de los procesos tectónicos asociados a la evolución del golfo de México.

#### TERCERA.

- Mediante prospección gravimétrica se detectaron 2 estructuras que no tienen manifestación superficial con dirección NW-SE, donde el control estructural tiene reflejo en las condiciones hidráulicas. La primera se encuentra en la porción norte y es la continuación de la estructura localizada en Humeros, que corta el valle de Perote, y que provoca abatimiento del nivel estático en este valle. La segunda pasa por el norte del poblado de Oriental continúa por Las Derrumbadas, divide a la cuenca en 2 partes, norte y sur, además es el límite sur de la estructura de Libres-Oriental, que abarca la porción norte de la enorme cuenca.

#### CUARTA.

- Regionalmente el basamento muestra una tendencia a ser somero hacia el norte, descansando sobre este se encuentra una secuencia de rocas mesozoicas con una disposición de bloques altos y bajos (horst y grabens) que conformaron una topografía muy irregular, las fosas o depresiones son debidas a fallas con dirección NE-SW y NW-SE las cuales se rellenaron con productos

volcánicos y sedimentarios separando así los bloques altos, estos últimos constituyen las sierras sedimentarias Payuca, Tepeyehualco, Tenextepec, Yolotepec, Techachalco, Tlachichuca y la Ventana, y las fosas rellenas las planicies o valles.

#### QUINTA.

- La profundidad de estas depresiones es variable; las fosa más profundas en la cuenca corresponden a lo que actualmente ocupan lo cuerpos lacustres de Totolcingo y Tepeyehualco.

#### SEXTA.

- La cuenca presenta 3 porciones que difieren en litología y estructuralmente. La porción centro norte presenta estructuras y rocas de cuenca de la SMO con predominio de estructuras en dirección NE-SW y NW-SE. La porción centro sur presenta rocas de plataforma y estructuras con dirección predominante NW-SE. La porción occidental presenta un marco tectónico un tanto diferente a la cuenca pero muy similar hacia Tlaxcala, son fallas normales que dan la impresión de bloques escalonados al sur con dirección casi E-W.

#### SEPTIMA.

- Se identificaron 14 unidades geohidrológicas que por su funcionamiento hidrogeológico se agruparon como sigue:

5 unidades acuíferas; 1 unidad semipermeable y 8 unidades impermeables.

#### OCTAVA.

- Las unidades acuíferas compuestas por : la facies arrecifal de la Formación Orizaba y la facies de plataforma de las Formaciones Orizaba y Guzmantla del Cretácico Medio y Superior respectivamente. Otra compuesta por sedimentos lacustres del Terciario, la tercera por pómez, tobas del Cuaternario, la cuarta unidad constituida por derrames andesíticos y basálticos, conos de escoria, aparatos volcánicos con derrames basálticos asociados y material aluvial del Pleistoceno tardío y Cuaternario, las tres últimas unidades conforman el acuífero granular, el de mayor distribución y el mayormente explotado por mil cien captaciones, a través de las cuales ocurre la descarga principal. Se sustenta la tesis en este trabajo de captar a profundidad el acuífero de las facies arrecifales y de plataforma de las formaciones Orizaba y Guzmantla, al SE del área en las inmediaciones de los afloramientos de dichas formaciones, la continuidad del flujo subterráneo en esta unidad es factible a pesar de las discontinuidades tectónicas según lo demuestra la presencia del manantial San Martín Ojo de Agua. La quinta unidad acuífera constituida por las andesitas Alseseca y Teziutlan en la zona de Humeros.

#### NOVENA.

- La unidad mencionada como semipermeable corresponde a las Formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior que lateralmente puede ceder agua en las zonas fracturadas, a la facies arrecifal de la Formación Orizaba.

#### DECIMA.

- Las 8 unidades consideradas como impermeables son las Formaciones Pimienta, Agua Nueva, San Felipe, Méndez, Mexcala, Maltrata, Intrusivos, Riolita Oyameles, Lahares, Xáltipan, Lacustres y materiales de explosión.

#### DECIMA PRIMERA.

- El Cretácico Superior constituye el basamento inferior impermeable del acuífero granular.

#### DECIMA SEGUNDA.

- Las zonas de recarga del acuífero del Terciario y Cuaternario lo constituyen las sierras de Tlaxco, Citlaltépetl y el área de la Malinche y las unidades permeables en afloramiento.

#### DECIMA TERCERA.

- La cuenca de Libres-Oriental es una cuenca endorreica superficialmente, las corrientes presentan un drenaje radial con convergencia hacia el centro de está donde se localizan las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco, que constituyen las planicies de nivel base local, no se presentan corrientes perenes e importantes en toda la extensión de la misma (5400 km<sup>2</sup> aproximadamente).

#### DECIMA CUARTA.

- Se define una salida subterránea del flujo hacia la porción sur de la cuenca a través de la sierra de Soltepec; la otra salida que era considerada al NE de la cuenca por la descarga de manantiales como parte del flujo de la cuenca de Oriental y que, topográficamente descargan a una elevación menor con respecto al valle de Perote, se descarta en este trabajo porque en su análisis químico presentan bajos contenidos de STD, lo que indica aguas de reciente infiltración. Al parecer existe una entrada del flujo a la cuenca, al poniente entre la sierra de Tlaxco y la Malinche.

#### DECIMA QUINTA.

- Los manantiales que descargan en el Carmen, Vicencio, Ojo de Agua, obedecen a un control estructural de la falla principal detectada por Reyes en 1979 y que en el presente trabajo se constata.

#### DECIMA SEXTA.

- Los análisis químicos de las muestras de agua en pozos y norias de la cuenca, indican que el agua subterránea es bicarbonatada sódica magnesiana, donde se observa una fuerte influencia de las rocas ígneas volcánicas cuya composición química es calcialcalina ( $\text{SiO}_2 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) y alcalina ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > \text{SiO}_2$ ), lo que permite considerar que el agua circula por este tipo de rocas, alimentando al acuífero granular.

#### DECIMA SEPTIMA.

- Los axalapascos o maares de la porción norte de la cuenca, Alchichica y Atexcac, presentan los valores más altos de conductividad eléctrica y de concentración de boro, así como altas concentraciones de cloruros, lo que indica una influencia geotérmica en su origen, Aljojuca, Tecuitlapa y Quechulac son aguas de origen meteórico, La Preciosa presenta una mezcla de aguas meteóricas y termales, los pozos y norias no manifiestan esta influencia.

#### DECIMA OCTAVA.

- Existen 5 zonas anómalas de concentración de boro y son Tepeyehualco, Fuerte de la Unión, Alchichica, Atexcac y al este de Atexcac pertenecen también a la porción norte, posiblemente se deba a la influencia geotérmica, debido a flujos de bióxido de carbono. El pozo PH-1 que se encuentra en el campo geotérmico, tiene un alto contenido de boro y es precisamente debido a la influencia del yacimiento geotérmico.

## VII.2 RECOMENDACIONES

- Hacer un fechamiento a los intrusivos que se encuentran en la caldera Humeros, al sur de esta y en las Minas, así como los análisis químicos de ellos, para saber si son contemporáneos y el ambiente tectónico al que se asocian.

- Se desconoce la composición química de las rocas de la porción de Tlaxcala sería conveniente realizar estos análisis para así definir hasta donde llega el traslape de la Provincia Alcalina Oriental.

- Realizar una verdadera actualización del inventario de las captaciones de aguas subterráneas y a partir de él, programar recorridos periódicos de los niveles del agua subterránea. Esto implicaría ampliar la red de pozos piloto y por tanto nivelación topográfica de brocales. A su vez esto permitiría otra actualización de las configuraciones de elevación del nivel estático y esclarecer las direcciones del flujo subterráneo.

- Realizar exploraciones directas en las Formaciones Guzmantla y Orizaba. También verificar el espesor de granulares en las lagunas de Totolcingo y Tepeyehualco con exploración directa, ya que este punto resulta interesante al considerar el espesor del acuífero.

- Realizar estudios de evaluación y cuantificación del acuífero.

- Continuar los estudios de la zona.



## BIBLIOGRAFIA

- Baldit Sandoval Agustín, 1980. Estudio Geológico de la porción norte de la Plataforma de Córdoba. Area Fortín Mata Espino, Veracruz, México, D.F., Inst. Politéc. Nac., Esc. Sup. de Ing. y Arq., tesis profesional. inédita.
- Balatazar Chongo Olfer, 1981. Informe geológico final de detalle Estratigráfico "Prospecto Las Minas": Superintendencia de Exploración, Zona Centro Poza Rica, Veracruz, IG-PR-251, PEMEX, inédito.
- Balatazar Chongo Olfer, 1982. Informe final de detalle estratigráfico. "Prospecto Tepeyahualco": Superintendencia de Exploración, Zona Centro Poza Rica, Veracruz, PEMEX, inédito.
- Bonet Federico, 1956. Zonificación Microfaunística de las Calizas cretácicas del este de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. VIII, Nos. 7 y 8, pp. 389-488.
- Bathurst Robin G.C., 1981. Developments in sedimentology 12 Carbonate Sediments and their diagenesis: Amsterdam-Oxford-New York, Elsevier S.P.
- Bazar Barrón Sergio, 1959. Clasificación de suelos en la parte noroccidental de la Cuenca Oriental-Serdán, Puebla y Tlaxcala: México, D.F., Inst. Politéc. Nac., Esc. Sup. de Ing. y Arq., Tesis profesional, 53 p., inédita.
- Campa Uganda Ma. F., 1987. The Mexican Thrust Belt: México D.F. Notas inéditas.
- Campa Uganda Ma. F.; Coney Peter, 1982. Tectono-Stratigraphic Terranes and mineral resource distributions in México: Arizona Tucson, Department of geosciences University of Arizona, can J. Earth SCL vol 20, 1983.
- Campos Enríquez J.O.; Garduño Monroy V.H., 1987. The Sallow Structure of Los Humeros and Las Derrumbadas Geothermal Fields, Mexico: Great Britain, Geothermics, vol 16 No. 5/6, pp. 539-554.
- Carrasco B.; Flores V.; Godoy D., 1975. Tobas del Cretácico Inferior del Area de Fortín-Zongolica, Veracruz: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo.
- Carrasco B., 1978. Estratigrafía de unas lavas almohadilladas y Rocas sedimentarias del Cretácico Inferior en Tehuacán

Puebla: México D.F., Inst. Méx. del Petróleo, Revista del IMP, vol. X, No. 3.

- Casique Vázquez J.; García Durán S.; Yañez García C.; Palacios Hartweg; García V., 1982. Resultados de las exploraciones realizadas por C.F.E. en el proyecto Geotérmico Los Humeros-Derrumbadas, Estados de Puebla y Veracruz.
- Casique Vázquez J., 1980. Estudio Geológico Aplicado a la Geotermia del Area Los Humeros-Las Derrumbadas, en los Estados de Puebla y Veracruz; México, D.F., Inst. Politéc. Nac., Esc. Sup. de Ing. y Arq., Tesis profesional, inédita.
- Cedillo Rodríguez F., 1987. Estudio Geohidrológico de Los Humeros Las Derrumbadas, Estados de Puebla y Veracruz, Comisión Federal de Electricidad. Residencia Humeros, Puebla.
- Cervantes Díaz J., 1974. Datos y características de la obras y perforación en la región del Cofre de Perote, Residencia de Geohidrología y Zonas Áridas, S.A.R.H.
- CHCVM, 1964. Estudio de Viabilidad del sistema regional Apan Oriental, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- C.F.E., 1979. Informe de Hidrología Superficial y preliminar de geohidrología. Proyecto geotérmico Las Derrumbadas-Los Humeros. Comisión Federal de Electricidad. Notas inéditas.
- C.F.E., 1983. Estudio Geoquímico, Los Humeros-Derrumbadas, Puebla-México, Residencia de Perforación Los Humeros, Area Ing. Química, Comisión Federal de Electricidad, notas - inéditas.
- C.F.E., 1983, Analisis Químicos Los Humeros-Derrumbadas, Comisión Federal de Electricidad. Notas inéditas.
- C.F.E., 1985. Campo Geotérmico de Los Humeros, Puebla (síntesis y resultados de sus estudios), Residencia de Perforación, Departamento de Exploración, Comisión Federal de Electricidad. Notas inéditas.
- C.F.E., 1988. Reporte sobre la condiciones geológico estructurales que presenta la zona de colapso de Los Potreros y perspectivas de exploración hacia su porción NE., Residencia de Perforación Los Humeros, Puebla. Notas inéditas.
- C.F.E., 1988. Propuesta de Exploración y desarrollo para el año de 1988 en el Campo Geotérmico de los Humeros, Pue-

bla, Residencia de Perforación Los Humeros, Puebla, Comisión Federal de Electricidad, notas inéditas.

- C.F.E., ----, Datos diversos sobre el campo de los Humeros, Comisión Federal de Electricidad. Residencia de Perforación Los Humeros, Puebla, Comisión federal de Electricidad. notas inéditas.
- Cruickshank Villanueva, Carlos, 1989. Revisión de estudios Geohidrológicos y Modelación del acuífero de la Cuenca del Valle de Oriental en los Estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Instituto de Ingeniería, Proyecto 8368, p 70.
- Damón, Clark y Shafiqullah, 1981. Evolución de los Arcos magmáticos en México y su relación con la Metalogénesis México, D.F., Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Revista vol 5, núm. (2), p 223-238.
- Demaint Alain, 1981. Interpretación Geodinámica del volcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano. México, D.F. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Revista vol 5, núm. (2), p 217-222.
- E.X.Y.C.O. 1981. Estudio Geoelectrico del Valle de Perote, estado de Veracruz. No. de contrato GZA-1-81-C.
- Ferriz H., 1985. Los Humeros Volcanic Center Puebla México: Geology Petrology, Geothermal System and Geo-archpology. Stanford University .Tesis Doctoral inédita.
- Ferriz H.; Mahood G.A., 1986. Vulcanismo Riolítico en el eje Neovolcánico Mexicano. Geofísica Internacional Vol 25-1 p.p. 117-156.
- Folk Robert L., 1969. Petrología de las rocas Sedimentarias. Traducida del inglés por Carmen Schlaepher y Rebeca M. de Schmitter. Instituto de Geología, México, D.F.
- Garduño Monroy V.H.; Romero Ríos F., 1984. Análisis geológico-estructural preliminar del campo geotérmico Los Humeros Puebla, C.F.E., reporte GG 14-84. Notas inéditas.
- Garduño Monroy V.H.; Romero Ríos F.; Torres Hernández R., 1985. Estudio estructural y de teledetección en la región Libres-Oriental (Pue-Ver). C.F.E., informe 12-85, notas inéditas.
- Garduño Monroy V.H.; Romero Ríos F.; Torres Hernández R., 1985. Análisis estructural del campo geotérmico de los Humeros Puebla, C.F.E., informe 26-85. Notas inéditas.
- Garduño Monroy V.H.; Campos Enriquez O., 1987. The shallow structure of Los Humeros and Las Derrumbadas geothermal

fields, Mexico. Geothermics. Vol.16, No.5/6, pp. 539-554. Printed in Great Britain.

- Gasca Durán A., 1981. Algunas notas de la genesis de los lagos cráter de la cuenca de Oriental Puebla-Tlaxcala-Veracruz., INAH, Colección científica Prehistoria # 98.
- Gutiérrez Negrin L., 1986. Petrografía de las muestras superficiales en los Humeros Puebla, C.F.E., departamento de exploración, reporte CG-5-86. Notas inéditas.
- GEOPE.S.A., 1980. Servicios de Prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zona de Atoyac-La Antigua Estado de Veracruz., contrato No. GZA-80-38-ED.
- ITS.S.A., 1985. Actividades de caracter geohidrológico complementario en el valle de Puebla y cuenca de Oriental en el estado de Puebla, tomo I y II, No. de contrato CRISH-85-09-E.
- Kerr Paul F., Mineralogía Optica, Traducido por José Huidobro, tercera edición, Mc. Graw-Hill Brook Company, Inc. pp. 433.
- Lopez Ramos E., 1981. Paleogeografía y tectónica del Mesozoico en México, UNAM, Instituto de Geología, Revista Vol. 5, núm 2, pp. 158-177.
- Martínez Delamain L. L., 1984. Evidencia de la mezcla de magmas en la ignimbrita Zaragoza Los Humeros, Puebla. UNAM, Tesis profesional, inédita.
- Mena M.; González M., 1978. Regional gravity of Los Humeros volcanic area, Geofísica Internacional, vol.17, núm 4.
- Moya Sánchez J.C., 1987. Análisis geomorfológico de la cuenca de Oriental Estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz, México., UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Tesis de maestría en geografía.
- Namur Otal C., 1960. Estudio geohidrológico para el control de aguas subterráneas en la zona de veda de Oriental, Cd. Serdán, Puebla. IPN, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Tesis profesional, inédita.
- Negendank W.F.J.; Emmermann R.; Krawczyk R.; Mosser F.; Tobschall H.; Werle D., 1985. Geological and geochemical investigation on the eastern trans-mexican volcanic belt., Geofísica Internacional vol. 24-4, pp. 477-575.
- Pettijohn, F.J., 1980. Rocas Sedimentarias, Traducción Dr. Juan Turner, EUDEBA, Buenos Aires Argentina, Editorial Universitaria, 4a edición, p. 731.

- Ordoñez Ezequiel, 1906. Los Xalapascos, estado de Puebla. Instituto Geológico de México, 2a, parte.
- PROYESCU, 1979. Estudio geohidrológico preliminar de la zona de Zalayeta Ver., PROYESCU, No. contrato GZA-79-62 GD, Tomo 1 y Anexo 1a. Edición.
- Palacios Hartweg L.; Vázquez Contreras A., 1980. Estudio aeromagnético en el área de Los Humeros-Las Derrumbadas en el estado de Puebla. C.F.E.
- Schlumberger, 1984. Evaluación de las formaciones en México, Petróleos Mexicanos, Schlumberger Offshore Services, pp. 1-3 a 1-9; 1-19 a 1-22.
- Rivera O.; Segura F., 1987. Estado actual de los pozos del campo geotérmico Los Humeros, Puebla. C.F.E., Residencia de Perforación Los Humeros Puebla. Notas inéditas.
- Ramirez Herrera Ma. T., 1988. Análisis Morfoestructural de la Faja Volcánica Transmexicana (Centro-Oriental), Universidad Autónoma del Estado de México, Escuela de Geografía, año 1, núm 10.
- Reyes Cortés M., 1979. Geología de la Cuenca de Oriental Estados de Tlaxcala, Puebla y Veracruz, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección científica (geología general) # 71.
- Río Luyando L. del, 1981. Percepción remota y tectónica. Método y aplicación a la geotermia región Los Humeros-Las Derrumbadas. UNAM, Instituto de Geofísica.
- S.A.R.H., 1978. Estudio Agrológico de reconocimiento de la zona de Libres-Perote, Puebla-Veracruz. Subsecretaría de Planeación, Dirección de Agrológica.
- S.A.R.H., 1984. Prospección Geohidrológica en el valle de Perote Veracruz, pozos exploratorios. SARH. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Residencia General de Geohidrología y Zonas Áridas.
- Salazar Mandujano S., 1969. Estudio geológico regional del prospecto Zacatepec. Petróleos Mexicanos, informe técnico, notas inéditas.
- Sales Alvarez J. R., 1977. Estudio Geológico de detalle estratigráfico de una porción de la cuenca de Zongolica entre los Estados de Puebla y Oaxaca. IPN., Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Tesis Profesional, inédita.

- Torres R., 1984. Notas varias de la zona geotérmica Los Humeros, Puebla., C.F.E., Notas inéditas.
- Torres Rodríguez V.; Martínez Serrano R.; Silva Mora L., 1988. Interpretación de las características geoquímicas de la parte oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Geotermia, Rev. Mex. Geoenergía, Vol. 4, No. 3, pp (139-193).
- Urrutia H.J.; Castillo G. L. del, 1977. Un Modelo del Eje Volcánico Mexicano, Soc. Geol. Mex., boletín No. 1, Tomo XXXVIII, pp. 18-28, Junio 1977.
- Vázquez Pérez J.A., 1973. Estudio de detalle estratigráfico del área de Zongolica Veracruz., IPN., Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Tesis Profesional, inédita.
- Von Erffa, Hilger, Heide, Weise, 1976. Geología de la cuenca Alta. "Proyecto México" Fundación Alemana para la Investigación Científica.
- Williams, Turner, Gilbert. 19 . Petrografía. Traductor Ing. José Manuel López Rubio., Compañía Editorial Continental, México, D. F., 2a. Edición, pp. 430.
- Yáñez García, Camilo; García Durán, Salvador y Casique Vázquez, Jorge, 1979. Geothermic Exploration in the Humeros-Derrumbadas Area. Geothermal Resources Council Transaction, Vol. 3, September, p. 801-803.
- Yáñez García, Camilo; García Durán, Salvador y Casique Vázquez, Jorge, 1980. Informe Geológico del Proyecto Geotérmico Los Humeros-Las Derrumbadas. México, D.F., Comisión Federal de Electricidad. Informe inédito.
- Yáñez García, Camilo; García Durán Salvador, 1982. Exploración de la región geotérmica Los Humeros-Las Derrumbadas Estados de Puebla y Veracruz., C.F.E.

## ANEXO 1. RELACION DE LAMINAS DELGADAS.

RELACION DE LAMINAS DE LA CUENCA DE ORIENTAL ESTADOS DE TLAXCALA,  
PUEBLA Y VERACRUZ.

NU. DE LAMINA	NU. DE MUESTRA UBICADO EN MAPA GEO-LOGICO	LOCALIDAD	FORMACION	CLASIFICACION	FOSILES
1	34	SIERRA TENEXTEPEC	Kor	BIORUDITA	ALGAS ROJAS DYCICLINA COSQUINOLINA ORBITOLINA MILIOLIDOS
17	82	CAMINO LAS MINAS	Kti	BIOMICRITA	COLOMIELLA RECTA FRAGMENTOS DE OSTRACODOS MOLUSCOS Y RUDISTAS
18-A	82	CAMINO LAS MINAS	Kti	DOLOMIA	
18-B	82	CAMINO LAS MINAS	Kti	DOLOMIA	
21	81	BARRANCA SECA	Tpan	ANDESITA	
22	44	SAN JOSE ALCHICHICA	Kan	BIOMICRITA	RADIOLARIOS GLOBIGERINIDOS HEDBERGELA
23	49	TECHACHALCO CHICHICUAUTLA	Tis	SIENITA	
24	67	PASO NACIONAL	Kor	MESO-MICRO DOLOMIA	
24-B	67	PASO NACIONAL	Kor	MESO-MICRO DOLOMIA	
25	69	SIERRA TLACHIHUJA	KGz	BIOMICRITA	OSTRACODOS MILIOLIDOS FRAGMENTOS DE MOLUSCOS



26	17	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Ksf	BIOMICRITA	RADIOLARIOS GLOBIGERINIDOS PITONELLA ENTOMOSFAERA ESFERICA
27	22	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Ksf SKARN	BIOMICRITA	
28	27	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Ksf SKARN	BIOMICRITA	
29	19	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Ksf SKARN	BIOMICRITA	
32	19	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Ksf SKARN	BIOMICRITA	
33	18	SIERRA DE TEPEYEHUALCO	Kan	BIOMICRITA	
39	1	SUR DE SN. MIGUEL TENEXTATILOYAN	Jpi	SE PRESENTA CON RECRISTALI- ZACION Y REEMPLAZAMIENTO	
42	71	STA. MA. COATEPEC	Kmt	BIOMICRITA	ALGAS OSTRACODOS MILIOLIDOS
43	79	STA, CRUZ COYOTEPEC		LA LAMINA ESTA MAL, NO ES LA DE LA FM.	
45	66	CERRO LA VENTANA	KGz	BIORUDITA	FRAGMENTOS DE RUDISTAS MILIOLIDOS
46	44	SAN JOSE ALCHICHICA	Kan	BIOMICRITA	
47	44	SAN JOSE ALCHICHICA	Kan	BIOMICRITA	
49	21	SIERRA DE VOLOTEPEC	Kts	BIOMICRITA	OSTRACODOS CALCIESFERULA

## ANEXO 2. RELACION DE MANANTIALES Y POZOS

RELACION DE MANANTIALES, POZOS PERFORADOS POR C.F.E.,  
P.E.M.E.X Y C.N.A.  
EN LA ZONA.

N.E. CAUDAL (m)	PRDF. (l.p.s.) (m)	CLAVE	NOMBRE	No. 1
--------------------	-----------------------	-------	--------	-------

66.50 26.7 150.0

IFTLAXP-38		IXTECO
0	- 12	conglomerado andesitico
12	- 15	arena grano medio
15	- 30	arenisca grano grueso
30	- 42	arena feldespática
42	- 48	arena fina a media
48	- 69	conglomerado grano grueso
69	- 81	arena fina a media
81	- 114	arcilla calcárea
114	- 126	sin recuperacion fondo pérdido.
126	- 138	basalto fracturado
138	- 150	fondo perdido

104.0	12.14	155.0	IFTLAXP-4	No. 2
-------	-------	-------	-----------	-------

0	- 9	toba arenosa
9	- 12	toba grava y cantos
12	- 30	toba arenosa y grava
30	- 36	arcilla
36	- 39	toba arenosa con grava
39	- 51	grava y cantos
51	- 66	arenas consolidadas
66	- 87	grava con arena
87	- 128	toba vitrificada
128	- 155	grava, arena y cantos

92.86	102.3	200.0	IFTLAXP-27	No.3
-------	-------	-------	------------	------

0.0	- 15.0	arena gruesa a media
15.0	- 24.0	arena media
24.0	- 30.0	arena fina
30.0	- 42.0	arena calcárea
42.0	- 75.0	arcilla calcarea
75.0	- 98.0	gravilla basáltica
98.0	- 124.0	arena gruesa
124.0	- 126.0	arena fina
126.0	- 141.0	arena gruesa
141.0	- 200.0	arena gruesa y media

N.E. (m)	CAUDAL (lps)	PROF. (m)	CLAVE	NOMBRE	No.5
84.3	30.0	150.0	IFTLAXP-25	CUAPIAXTLA	
		0.0	-	6.0	arena fina a gruesa
		6.0	-	78.0	arena fina media y gruesa en alternancia
		78.0	-	84.0	toba grano medio
		84.0	-	123.0	arena media a gruesa
		123.0	-	150.0	lutita calcárea
27.1	30.0	160.0	IFTLAXP-40	CUAPIAXTLA No.5	
		0.0	-	3.0	tierra
		3.0	-	15.0	arcilla arenosa
		15.0	-	27.0	toba vítrea
		27.0	-	33.0	arena fina a media
		33.0	-	57.0	limo y arena fina alternan
		57.0	-	75.0	arena fina
		75.0	-	84.0	andesita
		84.0	-	110.0	arcilla
		110.0	-	150.0	andesita
95.0	2.0	250.0	IF TLAXP-3	TERRENATE No.6	
		0.0	-	53.0	aluvión
		53.0	-	84.0	toba arenosa
		84.0	-	102.0	caliza????????????
		102.0	-	125.0	toba aren- arcillosa
		125.0	-	144.0	arena fina
		144.0	-	213.0	toba calcárea
		213.0	-	223.0	basalto
		223.0	-	250.0	basalto y tezontle alternan
11.6	--	200.0	IFTLAXP-22	TERRENATE No. 7	
		0.0	-	15.0	arena fina
		15.0	-	20.0	basalto
		20.0	-	48.0	arena media
		48.0	-	117.0	arena media a gruesa
		117.0	-	200.0	gravilla con arena gruesa

N.E.	CAUDAL	PROF.	CLAVE	NOMBRE
118.0	2.0	270.0	IFTLAXP-5	TERRENATE No.8
		0.0 - 10.0		toba
		10.0 - 16.0		arena grava y escoria
		16.0 - 24.0		basalto
		24.0 - 32.0		arena grava y escoria
		32.0 - 45.0		tezontle
		45.0 - 72.0		toba
		72.0 - 108.0		basalto
		108.0 - 147.0		toba areno-arcillosa
		147.0 - 175.0		grava gruesa y piroclásticos
		175.0 - 198.0		grava y rodados
		198.0 - 236.0		basalto
		236.0 - 242.0		grava y piroclásticos
		242.0 - 270.0		basalto
46.4	2.0	175.0	IFTLAXP-11	No.9
		0.0 - 3.0		arena y arcilla
		3.0 - 21.0		grava y arena
		21.0 - 25.0		arena
		25.0 - 92.0		basalto
		92.0 - 114.0		arena
		114.0 - 123.0		basalto
		123.0 - 168.0		pomez
		168.0 - 175.0		arena y grava
102.8	11.3	200.0	IFTLAXP-23	No.10
		0.0 - 3.0		arena fina
		3.0 - 32.0		basalto
		32.0 - 45.0		arena gruesa
		45.0 - 63.0		gravilla basáltica
		63.0 - 117.0		arena media a gruesa
		117.0 - 126.0		gravilla basáltica
		126.0 - 195.0		arena gruesa
		195.0 - 200.0		arcilla blanco lechoso
86.5	8.9	200.0	IFTLAXP-14	GRAJALES No.11
		0.0 - 15.0		boleo riolítico
		15.0 - 105.0		arena fina a media alternan
		105.0 - 120.0		boleo riolítico
		120.0 - 174.0		arena media
		174.0 - 200.0		arena fina

N.E. (m)	CAUDAL (lps)	PROF. (m)	CLAVE	NOMBRE
90.7	61.5	113.0	IFPUEP-5	GPE. VICTORIA No.12
		0.0 - 38.0	- 38.0	gravas cantos y arenas
		38.0 - 113.0	- 113.0	basalto
59.0	12.0	94.5	IFPUEP-10	CUYOACD No.13
		0.0 - 18.0	- 18.0	arena y grava pumítica
		18.0 - 21.0	- 21.0	grava y arena bien redondeada
		21.0 - 27.0	- 27.0	basalto
		27.0 - 33.0	- 33.0	pomez y escoria basáltica
		33.0 - 45.0	- 45.0	basalto
		45.0 - 78.0	- 78.0	arena pumítica
		78.0 - 94.5	- 94.5	areniscas
-	-	150.0	IFPUEB-81-170	No.14
		0.0 - 52.0	- 52.0	caliza lacustre crema
		52.0 - 84.0	- 84.0	toba semicompacta
		84.0 - 120.0	- 120.0	toba arenosa grano fino
		120.0 - 150.0	- 150.0	toba arenosa grano medio
-	-	145.0	IFPUEB-81-170	No.15
		0.0 - 24.0	- 24.0	caliza travertinosa
		24.0 - 40.0	- 40.0	caliza lacustre
		40.0 - 80.0	- 80.0	toba lacustre
		80.0 - 140.0	- 140.0	caliza lacustre
		140.0 - 145.0	- 145.0	toba basáltica
2.0	50.24	116.0	IFPUEB-81-108	JESUS CARRANZA No.16
		0.0 - 116.0	- 116.0	toba basáltica alterada

M A N A N T I A L E S

No.	CAUDAL (L.P.S)	LOCALIDAD	LITOLOGIA	CARACTERISITICAS
17	40	EL CARMEN	ANDESITA FM. TEZIUTLAN	SE TIENE OBRA DE CAPTACION DE 20 X 15 M, USO RIEGAN TEQUES QUITALES Y USO PSICO

LA. PERENNE.

18	0.10	VICENCIO	FM.TEZIUTLAN	CAUDAL REDUCIDO TIENE OBRA DE CAPTA CION,USO POTABLE.
19	45	OJO DE AGUA	FM.TENAMASTEPEC TOBAS	USO AGRICOLA. PERENNE
20 y 21	0.40	COFRE DE PEROTE	FM.TENAMASTEPEC CONTACTO CON TOBAS	REDUCIDO CAUDAL SIN USO DESTINADO TEMPORALES
22	0.10	AGUA DE LA MINA	FM. TEZIUTLAN CONTACTO CON TOBAS	CAUDAL REDUCIDO TEMPORAL
23	15	PASO NACIONAL	QAL EN CONTACTO CON KOR	PERENNE. USO PO- TABLE
24	10	SN MARTIN OJO DE AGUA	FM TENAMASTEPEC EN CONTACTO CON TOBAS	PERENNE USO POTA BLE.

5005.5 CUESTA BLANCA # 2 PEMEX

0.0	-	57.0	reciente
57.0	-	143.0	terciario indiferenciado
143.0	-	192.0	terciario ind. areniscas y lutitas
192.0	-	1996.0	cretácico Fm. Tlacoyalco
1996.0	-	3386.0	Fm. Cuesta del Cura (falla inversa)
3386.0	-	4174.0	Fm. cretácico indiferenciado
4174.0	-	5005.0	Jurásico

2678.0 CUESTA BLANCA # 1 PEMEX

0.0	-	0.0	reciente
63.0	-	168.0	Fm. Orizaba
168.0	-	380.0	Fm. Cuesta del Cura
380.0	-	2678.0	Fm. sup. Turoniano

3220.0	ACATZINGO # 1	PEMEX
0.0 - 37.0	reciente	
37.0 - 891.0	Fm. Orizaba	
891.0 - 2150.0	cretacico indiferenciado	
2150.0 - 3220.0	jurasico indif. met.	

POZOS DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

No.	Profundidad	Corte Litologico
PH-1	0.0 - 30.0	pomez
	30.0 - 100.0	riolita
	100.0 - 135.0	toba
	135.0 - 315.0	andesita
	315.0 - 630.0	ignimbrita
	630.0 - 685.0	andesita
	685.0 - 913.0	ignimbrita
	913.0 - 960.0	andesita
	960.0 - 1055.0	ignimbrita
	1055.0 - 1425.0	andesita
1425.0 - 1458.0	toba	
PH-2	0.0 - 65.0	pomez
	65.0 - 280.0	andesita
	280.0 - 375.0	riolita
	375.0 - 430.0	andesita
	430.0 - 480.0	riolita
	480.0 - 740.0	ignimbrita
	740.0 - 1110.0	andesita
	1110.0 - 1130.0	ignimbrita
1130.0 - 2308.0	caliza	



No. Profundidad Corte Litológico

PH-4

0.0	-	34.0	pómez
34.0	-	50.0	basalto
50.0	-	70.0	toba
70.0	-	150.0	andesita
150.0	-	870.0	ignimbrita
870.0	-	960.0	andesita
960.0	-	980.0	toba
980.0	-	1030.0	andesita
1030.0	-	1050.0	toba
1050.0	-	1450.0	andesita
1450.0	-	1480.0	toba
1480.0	-	1520.0	andesita
1520.0	-	1550.0	toba
1550.0	-	1860.0	andesita
1860.0	-	1880.0	toba

PH-5

0.0	-	30.0	pómez
30.0	-	50.0	andesita
50.0	-	60.0	basalto
60.0	-	200.0	andesita
200.0	-	300.0	ignimbrita
300.0	-	340.0	andesita
340.0	-	400.0	basalto
400.0	-	720.0	ignimbrita
720.0	-	1150.0	andesita
1150.0	-	-----	ignimbrita
-.-	-	----	andesita
-.-	-	-----	caliza

PH-6

0.0	-	40.0	escoria basáltica
40.0	-	530.0	basalto
530.0	-	666.0	ignimbrita
666.0	-	715.0	andesita
715.0	-	780.0	ignimbrita
780.0	-	802.0	andesita
802.0	-	894.0	ignimbrita
894.0	-	1210.0	andesita
1210.0	-	1250.0	ignimbrita
1250.0	-	1450.0	andesita
1450.0	-	1516.0	riodacita
1516.0	-	1540.0	toba vitrea
1540.0	-	1630.0	riodacita

1630.0	-	1670.0	ignimbrita
1670.0	-	1724.0	andesita
1724.0	-	1752.0	ignimbrita
1752.0	-	1870.0	andesita
1870.0	-	1924.0	ignimbrita
1924.0	-	1948.0	riodacita
1948.0	-	2000.0	andesita
2000.0	-	2186.0	basalto
2186.0	-	2330.0	ignimbrita lítica
2330.0	-	2470.0	ignimbrita vítrea
2470.0	-	2543.0	caliza (skarn)

PH-7

0.0	-	250.0	andesita
250.0	-	300.0	basalto
300.0	-	930.0	ignimbrita
930.0	-	1590.0	andesita
1590.0	-	1660.0	toba
1660.0	-	2200.0	andesita
2200.0	-	2310.0	basalto
2310.0	-	2340.0	toba

PH-8

0.0	-	20.0	basalto
20.0	-	40.0	toba
40.0	-	280.0	andesita
280.0	-	540.0	toba
540.0	-	930.0	ignimbrita
930.0	-	1040.0	toba
1040.0	-	1920.0	andesita
1920.0	-	2130.0	basalto
2130.0	-	2388.0	caliza cortada por intrusivo

PH-9

0.0	-	0.0	toba
			basalto
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	toba
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	toba
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	ignimbrita
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	ignimbrita
.0	-	.0	toba
.0	-	.0	dacita
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	toba
.0	-	.0	caliza
.0	-	.0	granodiorita

## PH-10

0.0	-	25.0	pómez
25.0	-	275.0	andesita
275.0	-	980.0	ignimbrita
980.0	-	1150.0	andesita
1150.0	-	1200.0	ignimbrita
1200.0	-	1780.0	andesita
1780.0	-	1870.0	ignimbrita
1870.0	-	2070.0	andesita
2070.0	-	2130.0	basaito
2130.0	-	2138.0	skarn

## PH-11

0.0	-	70.0	pómez
70.0	-	140.0	basalto
140.0	-	940.0	ignimbrita
940.0	-	1920.0	andesita
1920.0	-	2020.0	ignimbrita
2020.0	-	2300.0	andesita
2300.0	-	2388.0	granodiorita

## PH-12

0.0	-	30.0	pómez
30.0	-	80.0	andesita
80.0	-	120.0	paleosuelo
120.0	-	350.0	andesita
350.0	-	450.0	ignimbrita
450.0	-	580.0	andesita
580.0	-	640.0	toba
640.0	-	680.0	ignimbrita
680.0	-	740.0	toba
740.0	-	850.0	riolita
850.0	-	920.0	toba
920.0	-	980.0	andesita
980.0	-	1020.0	ignimbrita
1020.0	-	1440.0	andesita
1440.0	-	1520.0	riolita
1520.0	-	1560.0	andesita
1560.0	-	1620.0	dacita
1620.0	-	1780.0	riolita
1780.0	-	2500.0	andesita
2500.0	-	2600.0	riodacita
2600.0	-	2660.0	basalto
2660.0	-	3104.0	granito

## FH-14

0.0	-	240.0	escoria basáltica
240.0	-	270.0	andesita basáltica
270.0	-	320.0	basalto
320.0	-	364.0	escoria basáltica
364.0	-	660.0	basalto
660.0	-	680.0	toba vítrea
680.0	-	820.0	basalto
820.0	-	880.0	toba lítica
880.0	-	1016.0	basalto
1016.0	-	1160.0	ignimbrita
1160.0	-	1232.0	ignimbrita, andesita basáltica y escoria
1232.0	-	1320.0	andesita
1320.0	-	1390.0	caliza arcillosa

## FH-15

.0	-	.0	basalto
.0	-	.0	ignimbrita vítrea
.0	-	.0	ignimbrita lítica
.0	-	.0	ignimbrita vítrea
.0	-	.0	ignimbrita lítica/vítrea
.0	-	.0	andesita basáltica
.0	-	.0	toba vítrea
.0	-	.0	andesita
.0	-	.0	toba vítrea
.0	-	.0	andesita basáltica
.0	-	.0	caliza

## FH-16

0.0	-	30.0	pómez
30.0	-	60.0	escoria
60.0	-	80.0	basalto
80.0	-	230.0	toba
230.0	-	850.0	ignimbrita
850.0	-	980.0	andesita
980.0	-	1020.0	ignimbrita
1020.0	-	1440.0	andesita
1440.0	-	1500.0	toba
1500.0	-	1680.0	andesita
1680.0	-	1820.0	ignimbrita
1820.0	-	2010.0	andesita
2010.0	-	2048.0	skarn

## PH-17

0.0	-	60.0	pómez y basalto
60.0	-	72.0	toba caolinizada
72.0	-	190.0	basalto
190.0	-	250.0	toba litica
250.0	-	320.0	basalto
320.0	-	950.0	ignimbrita
950.0	-	1020.0	andesita
1020.0	-	1132.0	ignimbrita
1132.0	-	1724.0	andesita
1724.0	-	1870.0	ignimbrita
1870.0	-	1954.0	andesita
1924.0	-	2024.0	ignimbrita
2024.0	-	2164.0	andesita
2164.0	-	2265.0	andesita basáltica

Nº.                      Profundidad                      Corte Litológico

## PH-18

0.0	-	40.0	escoria basáltica
40.0	-	90.0	basalto
90.0	-	198.0	escoria basáltica
198.0	-	236.0	basalto
236.0	-	314.0	basalto, toba
314.0	-	380.0	aglomerado volcánico
380.0	-	400.0	toba alterada
400.0	-	438.0	basalto escoriáceo
438.0	-	470.0	basalto
470.0	-	500.0	riodacita
500.0	-	536.0	toba
536.0	-	606.0	riodacita
606.0	-	855.0	ignimbrita
855.0	-	1146.0	basalto
1146.0	-	1162.0	ignimbrita
1162.0	-	1192.0	andesita
1192.0	-	1730.0	ignimbrita
1730.0	-	1930.0	andesita
1930.0	-	2850.0	ignimbrita
2850.0	-	2903.0	caliza metamorfozada

## PH-20

0.0	-	40.0	pomez
40.0	-	115.0	basalto
115.0	-	135.0	toba vítrea
135.0	-	200.0	basalto
200.0	-	240.0	toba vítrea
240.0	-	280.0	basalto
280.0	-	410.0	ignimbrita litica
410.0	-	610.0	ignimbrita vítrea
610.0	-	648.0	andesita basáltica
648.0	-	860.0	ignimbrita vítrea
860.0	-	932.0	basalto
932.0	-	1005.0	ignimbrita vítrea
1005.0	-	1018.0	vidiro volcánico
1018.0	-	1034.0	ignimbrita/vidrio volcánico
1034.0	-	1668.0	andesita
1668.0	-	1703.0	toba vítrea
1703.0	-	2126.0	andesita
2126.0	-	2270.0	toba vítrea
2270.0	-	2278.0	andesita

## PH-22

0.0	-	360.0	basalto
360.0	-	972.0	toba
972.0	-	1126.0	andesita
1126.0	-	1190.0	ignimbrita
1190.0	-	1564.0	caliza

## PH-23

0.0	-	40.0	pomez
40.0	-	172.0	basalto/toba
172.0	-	192.0	toba litica
192.0	-	216.0	toba cristalina
216.0	-	234.0	basalto
234.0	-	360.0	ignimbrita
360.0	-	674.0	basalto
674.0	-	720.0	andesita
720.0	-	980.0	ignimbrita vítrea
980.0	-	1232.0	basalto
1232.0	-	1344.0	andesita basáltica
1344.0	-	1364.0	andesita
1364.0	-	1398.0	basalto
1398.0	-	1428.0	andesita
1428.0	-	1536.0	basalto
1536.0	-	1690.0	andesita
1690.0	-	2050.0	basalto
2050.0	-	2410.0	toba vítrea

0.0	-	30.0	pómez máfica
30.0	-	72.0	escória basáltica
72.0	-	222.0	basalto
222.0	-	272.0	basalto/toba
272.0	-	304.0	riolita
304.0	-	314.0	toba litica
314.0	-	338.0	andesita
338.0	-	370.0	basalto toba y vidrio
370.0	-	500.0	andesita
500.0	-	550.0	ignimbrita vítrea
550.0	-	584.0	andesita
584.0	-	646.0	ignimbrita litica
646.0	-	690.0	ignimbrita vítrea
690.0	-	724.0	andesita
724.0	-	770.0	ignimbrita vítrea
770.0	-	1030.0	andesita
1030.0	-	1366.0	toba vítrea
1366.0	-	1564.0	andesita
1564.0	-	1698.0	toba vítrea
1698.0	-	1926.0	andesita
1926.0	-	1952.0	toba vítrea
1952.0	-	2050.0	andesita
2050.0	-	2112.0	toba vítrea
2112.0	-	2136.0	andesita
2136.0	-	2236.0	toba vítrea
2236.0	-	2290.0	toba vítrea
2290.0	-	2620.0	andesita
2620.0	-	2656.0	toba vítrea
2656.0	-	2844.0	andesita

### **ANEXO 3. RELACION DE PUNTOS DE VERIFICACION DE CAMPO.**



No	MUESTRA	FORMACION	DATOS ESTRUCTURALES	INT. FISICO	INT. QUIMICO	FRACTURAMIENTO				ESTRATIFICACION	CARACTERISTICAS
						GRADO	ESPEOR CR.	RELLENO	CONTINUIDAD E INTENSIDAD		
N-1	Jpl	-	BAJO	BAJO	BAJO	5-10	CALCITA	BAJA	DELBADA		CALIZAS Y DOLOMITAS
N-2	Ell	-	MODERADO	BAJO		2-3	CALICHE ARCILLA	FUERTE	5-40		
N-3	Ell	-	BAJO	BAJO	BAJO		CACOS		10-30		
N-4	Taan	-	BAJO	BAJO	MODERADO	1-4	ARCILLA	CONTINUAS			DACITAS FRACTURADAS
N-5	Ell		BAJO	BAJO	BAJO			BAJA	DELBADA		
N-6	Tpan		BAJO	BAJO	MODERADO	5-20	VACIAS	CONTINUAS Y PROFUNDAS			
N-7	Ell			BAJO	BAJO	01-1	CALICHE ARCILLA	NO CONTINUAS	10-40		
N-8	Ell		BAJO	BAJO	BAJO	01-3	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA		
N-9	Ell		BAJO	BAJO	BAJO	01-3	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA		
N-10	Ell		BAJO	BAJO	MODERADO		ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA		
N-11	Ell		BAJO	MODERADO	BAJO	-	-	NO CONTINUAS	PASIVA		ESTILOLITAS PARALELAS A LA ESTRATIFICACION DOLOMITAS.
N-12	Elgn		BAJO	BAJO	BAJO	1-2	ARCILLA	NO CONTINUAS			INHIBRITA POCO FRACTURADA
N-14	Ell		BAJO	BAJO	BAJO	-	ARCILLA	NO CONTINUAS	30		PRESENCIA DE LAPTAZ
N-15	Elf		BAJO	BAJO	MODERADO	01-5	ARCILLA	NO CONTINUAS	15-40		PRESENCIA DE DOLITAS
N-16	Jpl		BAJO	BAJO	BAJO	01-3	CACOS	NO CONTINUAS	DELBADOS		
N-17	Exn	NV 4°-32°	BAJO	BAJO	BAJO	01-1	VACIAS	NO CONTINUAS	15-30		BANDAS Y MODULOS DE PEDERNAI.
N-18	Elf	NV 50°-60°	BAJO	BAJO	MODERADO	1-3	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA		PEDERNAI BLANCO
N-19	Elf		BAJO	BAJO	MODERADO	1-4	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA		
N-20	Bal-Bps		BAJO	BAJO							MATERIAL MUY POMOZO
N-21	Ell	SW 35°-20°	BAJO	BAJO	MODERADO	01-10	ARCILLA Y VACIAS	CONTINUAS			ESTILOLITAS MODULOS DE FE
N-22	Skarn		MALO	MALO	BAJO	01-1	SIO2	NO CONTINUAS			CALIZAS SILICIFICADAS.

No. MUESTRA	FORMACION	DATOS ESTRUCTURALES	INT. FISICO	INT. QUIMICO	FRACTURAMIENTO				ESTRATIFICACION	CARACTERISTICAS
					GRADO	ESPESOR CA	RELLENO	CONTINUIDAD E INTENSIDAD		
		PUNSO DE ECHADO								
N-23	Kll	NW 30°-10°	BAJO	BAJO	BAJO	1-3	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELBADA	
N-24	lpan		BAJO	BAJO	MODERADO & FUERTE	01-10	VACIAS	CONTINUAS		
N-25	Kor		BAJO	MODERADO	MODERADO	01-20	VACIAS	CONTINUAS	MASIVA	PRESENCIA DE DOLINAS Y LAPIAZ
N-26	Kll	SW 55°-53°	BAJO	BAJO	BAJO	1-5	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	DELBADA	
N-27	BRECHA		BAJO	BAJO	BAJO	-	-	-	-	BRECHA CON FRAGMENTOS DE CALIZA CON SIOCLASTOS.
N-28	Dte	-	MODERADO	BAJO	BAJO	-	-	-	-	POROSIDAD PRIMARIA ALTA.
N-29	Kll	SW 50°-50°	BAJO	BAJO	BAJO	01-5	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS.	DELBADA	
N-30	Kor		BAJO	MODERADO	BAJO	01-10	CACOS NO EXISTE	CONTINUAS	MASIVA	CALIZAS DE PLATAFORMA
N-31	Kll	SW 65°-20°	BAJO	MODERADO	MODERADO	01-15	CACOS NO EXISTE	CONTINUAS	DELBADA	CALIZAS FRACTURADAS EN EL EJE DE UN PLIEGUE.
N-32	Cg		BAJO	BAJO	-	-	-	-	-	CONGLOMERADO IGNEO.
N-33	Kts	SW 30°-10°	BAJO	BAJO	BAJO	01-3	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	MEDIANA	CALIZA ARCILLOSA LAMINAR
N-34	Kor	SE 01°-05°	BAJO	MODERADO	MODERADO	1-10	ARCILLA Y VACIAS	CONTINUAS	MASIVA	CALIZAS ARRECIFALES
N-35	Kor	SW 60°-64°	BAJO	MODERADO	BAJO	01-20	CACOS NO EXISTE	CONTINUAS	MASIVA	CALIZAS DE PLATAFORMA
N-36	Kts	SW 56°-13°	BAJO	BAJO	BAJO	01-5	CACOS ARCILLA	NO CONTINUAS.	MASIVA	PEDERNAI NEGRO GRIS
N-37	Kor		BAJO	BAJO	MODERADO	01-15	NO EXISTE	CONTINUAS	MASIVA	CALIZA CON PEDERNAI ESCASO
N-38	Kts		BAJO	BAJO	BAJO	01-1	NO EXISTE	CONTINUAS	MASIVA	CALIZAS CON FRAS MACROFOSIL
N-39	Kan	SW 17°-70°	BAJO	BAJO	BAJO	01-5	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	30-40	PEDERNAI EN ESTRATOS HASTA 10 cm.
N-40	Kaf	SW 32°-63°	BAJO	BAJO	BAJO	01-4	ARCILLA	NO CONTINUAS.	DELBADA 3-30	CALIZAS Y MAREAS POROSIDAD BAJA

No MUESTRA	FORMACION	DATOS		INT FISICO	INT QUIMICO	FRACTURAMIENTO			ESTRATIFICACION	CARACTERISTICAS	
		ESTRUCTURALES				GRADO	ESPESOR EN	RELLENO			CONTINUIDAD E INTENSIDAD
R-41	Tlg			MODERADO	BAJO	BAJO	1-15	ARCILLA	CONTINUA		EL INTRUSIVO SE ENCUENTRA MUY ALTERADO LOS MINERALES EUCRISTALINOS YA NO SE DISTINGUEN
R-42	Dta			MODERADO	BAJO	BAJO		NO EXISTE	CONTINUA		TOBAS DE CAIDA LIBRE
R-43	Lsf	SW 78°-62°		BAJO	BAJO	BAJO	01-5	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	DELGADA 2-10	
R-44	Lan	SW 51°-41°		BAJO	BAJO	BAJO	01-2	CACOS	NO CONTINUAS		
R-45	Lsf	SW 47°-48°		BAJO	BAJO	BAJO	01-3	CACOS	NO CONTINUAS	5-30	PRESENTA CIERTA LAMINACION
R-46	La	SW 78°-36		MODERADO	BAJO	MODERADO	1-10	ARCILLA	NO CONTINUA	DELGADA 5-10	CALIZAS Y MARGAS
R-47	Ans	SW 78°-30		BAJO	BAJO	BAJO					MATERIALES DE EXPLOSION TOBAS Y FRAS DE CALIZAS Y BASALTO
R-48	Tal			MODERADO	BAJO	BAJO			NO CONTINUAS		TOBAS QUE ALTERNAN CON DEPOSITOS LACUSTRES
R-49	La	SW 58°-78°		MODERADO	BAJO	BAJO	1-6	ARCILLA	NO CONTINUAS	DELGADA	MARGAS Y LUTITAS
R-50	Dta			MODERADO	BAJO	BAJO	1-10	NO EXISTE	NO CONTINUAS		TOBAS FUERTEMENTE EROSIONADAS
R-51	Tal			MODERADO	BAJO	BAJO			NO CONTINUAS		TOBAS Y LACUSTRES
R-52	Dta	NE 45°-12°		BAJO	BAJO	BAJO	1-5	CACOS	NO CONTINUAS	DELGADA 30	MOJADOS DE FEDERAL BLANCO Y NEGRO
R-53	Ans			BAJO	BAJO	BAJO					MATERIALES DE LAS CALDERAS DE EXPLOSION
R-54	Ans			BAJO	BAJO	BAJO					MATERIALES DE LAS CALDERAS DE EXPLOSION
R-55	Lan			BAJO	BAJO	BAJO	1-5	ARCILLA	NO CONTINUA	DELGADA	CALIZAS AFECTADAS POR UN INTRUSIVO
R-56	Tpan			BAJO	BAJO	MODERADO	1-20	NO EXISTE	CONTINUA		ANDESITAS PONDAS
R-57	Ler			BAJO	MODERADO	MODERADO	1-20	CACOS NO EXISTE	CONTINUA	PASIVA 100	CALIZAS DE PLATAFORMA
R-58	Tpan			BAJO	BAJO	MODERADO	1-5	NO EXISTE	CONTINUA		ANDESITAS FRACTURADAS, ES UN FRENTE DE AUTO-BRECCHEAMIENTO APLONA EL MANTAL EL CARNER

No.	MUESTRA	FORMACION	DATOS ESTRUCTURALES RUMBO DE ECHADO	INT. FISICO	INT. QUIMICO	FRACTURAMIENTO				ESTRATIFICACION	CARACTERISTICAS
						GRADO	ESPESOR CM.	RELLENO	CONTINUIDAD E INTENSIDAD		
R-59		01a		BAJO	BAJO	BAJO	1-2	ARCILLA	NO CONTINUA		LAMINAS PELA CLASIFICACION, MATRIZ ARCILLO-ARENOSA
R-60		1pa		BAJO	BAJO	BAJO	1-5	NO EXISTE	CONTINUA		DERRAMES ANDESITICOS FRACTURADOS AFLORA NANAN
R-61		0pa		BAJO	BAJO	BAJO		NO EXISTE	CONTINUA	PSEUDOESTRATIFICACION	POHEZ EN CONTACTO CON ANDESITAS SE PRESENTA UN MANANTIAL DE CAU AL REDUCIDO
R-62		01a	S 64°	BAJO	BAJO	BAJO	1-5	ARCILLA	NO CONTINUA	30-40	MODULOS DE PEDERNA, BLANCO Y NEGRO
R-63		0a	SW 82°-71°	MODERADO	BAJO	MODERADO	1-3	ARCILLA	NO CONTINUA	DELADA 1-5	ARENISICAS Y LINDAS CON HUELLAS DE ICNIOFOSILES
R-64		01a 1pa		BAJO	BAJO	BAJO					EN EL CONTACTO CON POHEZ Y AL PIE DE CONO CEMENTIZADO AFLORAN EL MANANTIAL OJO DE MUJA
R-65		0a	SW 27°-76°	MODERADO	BAJO	MODERADO	1-3	ARCILLA	NO CONTINUA	DELADA 0 01 - 20	
R-66		0a	SW 55°-68	BAJO	MODERADO	MODERADO	1-20	ARCILLA NO EXISTE	CONTINUA	30-200	CALIZAS DE PLATAFORMA
R-67		0a		BAJO	MODERADO	MODERADO	1-40	ARCILLA NO EXISTE	CONTINUA	70-100	CALIZAS DE PLATAFORMA
R-68											
R-69		0a	SW 56°-42°	BAJO	MODERADO	MODERADO	01-15	ARCILLA NO EXISTE	CONTINUA	REDIAMP	CALIZAS DE PLATAFORMA
R-70		01a		BAJO	BAJO	BAJO					EN LA PARTIDA SEGUIENDO DEL RIO EN CONTACTO CON POHEZ AFLORAN EL MANANTIAL PASO NACIONAL
R-71		0a	SW 50°-60°	BAJO	BAJO	MODERADO	01-2	ARCILLA CACOS	NO CONTINUA	10-30	CALIZAS Y MARGAS FILITIZADAS
R-72		0a		BAJO	BAJO	BAJO			NO CONTINUA		MATERIALES DE EXPLOSION DE LA CALDERA JALAPASCO
R-73		0a		BAJO	MODERADO	MODERADO	1-5	ARCILLA CACOS	DELADA		NO TIENE MODULOS DE PEDERNA

No MUESTRA	FORMACION	DATOS ESTRUCTURALES		INT. FISICO	INT. QUIMICO	FRACTURAMIENTO				ESTRATIFICACION	CARACTERISTICAS
		BURDO DE EQUINO				BURDO	ESPESES CR	RELLENO	CONTINUIDAD E INTENSIDAD		
R-74	Est			BAJO	BAJO	RODE- BADO	1-5	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	DELGADA 10-20	CALIZAS Y LUTITAS COLOR VERDE FILITIZADAS
R-75	Dta			MODERADO	BAJO	BAJO			CONTINUAS		TORNAS DE CAIDA LIBRE
R-76	Est	SW 44'-48'		BAJO	BAJO	RODE- BADO	1-3	ARCILLA CACOS	NO CONTINUAS	3-20	CALIZA CON LIMITACIONES SIN PERENNAL
R-77	1pxn			BAJO	BAJO	RODE- BADO	1-10	NO EXISTE	CONTINUAS		ARDESTITAS FRACTURADAS
R-78	Dcl Dta			BAJO	BAJO	BAJO					EN LA BASE DEL CONO VOLCANICO OPLENA UN HORIZON- TAL UN HORIZON BAJO DE AGUA
R-79	Est			BAJO	MODERADO	RODE- BADO	7-20	NO EXISTE	CONTINUAS	INDIVA	CALIZAS ABRECI- FACES PRECIBICIA DE MOLINO Y LAPAS.
R-80	Est			BAJO	BAJO	RODE- BADO	1-5	ARCILLA	NO CONTI- NUAS	DELGADA 10-15 CR	CALIZAS Y HORNAS FILITIZADAS NOT PLEGADAS.

## MAPA GEOLOGICO Y SECCIONES GEOLOGICAS