



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROSPECCION GEOHIDROLOGICA DE LA
MESETA TARASCA, MICH.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A N :

Gerardo Almaraz Muñoz

Alejandro Morales Garza

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, 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.

INDICE

RESUMEN

CAPITULO I.- INTRODUCCION..... 1

CAPITULO II.- GENERALIDADES..... 2

II.1 OBJETIVOS

II.2 LOCALIZACION Y ACCESO

II.3 ASPECTOS SOCIECONOMICOS

II.3.1 POBLACION TOTAL

II.3.2 POBLACION DE 6 A 14 AÑOS SEGUN SU APTITUD PARA LEER Y ESCRIBIR

II.3.3 POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS SEGUN SU NIVEL DE INSTRUCCION

II.3.4 POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS QUE HABLA LENGUA INDIGENA Y
ESPAÑOLA

II.3.5 VIVIENDAS SEGUN MATERIAL EN PISOS, PAREDES Y TECHO.

II.4 PROBLEMÁTICA DEL AGUA POTABLE

II.5 METODO DE TRABAJO

II.6 AGRADECIMIENTOS

CAPITULO III.- CLIMATOLOGIA..... 10

III.1 PRECIPITACION PLUVIAL

III.2 TEMPERATURA

III.3 EVAPOTRANSPIRACION

III.4 CLASIFICACION CLIMATOLOGICA

CAPITULO IV.- GEOLOGIA..... 16

IV.1 FISIOGRAFIA

IV.2 ESTRATIGRAFIA

IV.2.1 UNIDAD B5

IV.2.2 UNIDAD B4

IV.2.3 UNIDAD B3

IV.2.4 UNIDAD B2

IV.2.5 UNIDAD B1

IV.2.6 RECIENTE (Qa1, Qre y Q1a)

IV.3 TECTONICA

CAPITULO V.- GEOFISICA.....27

- V.1 FUNDAMENTOS
- V.2 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO EMPLEADO
- V.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION GEOELECTRICA
- V.4 SECCIONES GEOFISICAS Y SU INTERPRETACION
- V.5 CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE LOS PERFILES GEOFISICO

CAPITULO VI.- HIDROGEOLOGIA.....36

- VI.1 CENSO DE APROVECHAMIENTOS
 - VI.1.1 POZOS PROFUNDOS
 - VI.1.2 MANANTIALES
 - VI.1.3 NORIAS
- VI.2 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS
- VI.3 MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

CAPITULO VII.- HIDROGEOQUIMICA.....41

- VII.1 MUESTREO Y ANALISIS
- VII.2 CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA
 - VII.2.1 PH
 - VII.2.2 BICARBONATOS
 - VII.2.3 CLORUROS.
 - VII.2.4 SULFATOS
 - VII.2.5 CALCIO.
 - VII.2.6 MAGNESIO.
 - VII.2.7 SODIO .
 - VII.2.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS.
 - VII.2.9 DUREZA TOTAL.
- VII.3 DIAGRAMA DE PIPER.
- VII.4 CALIDAD DEL AGUA.

**CAPITULO VIII.- INTEGRACION DE
RESULTADOS.....49**

**CAPITULO IX.- CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.....52**

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

La Meseta Tarasca se encuentra en el Estado de Michoacán situada entre los paralelos 19° 15' y 19° 50' de latitud Nte. y entre los meridianos 101° 30' y 102° 30' de longitud Oeste, abarcando una área aproximada de 2000 Km², además de estar sobre una altura topográfica del orden de los 2000 m.s.n.m.

Se caracteriza por tener precipitaciones totales anuales del orden de los 950 mm, una temperatura media anual de 17° C. y una evapotranspiración alrededor de los 21 mm/año.

En la zona el gran problema es el agua potable debido a que carece de corrientes superficiales y por lo tanto el abastecimiento es pobre, se ha comprobado que el problema se puede resolver a través de la explotación de mantos acuíferos subterráneos.

Las rocas que cubren el área de estudio son principalmente basaltos con intercalaciones de material piroclástico, así como una pequeña parte de andesitas y andesitas basálticas.

El modelo hidrogeológico propuesto para la zona es como sigue: existe un fuerte aporte de precipitación pluvial en la Meseta infiltrándose inmediatamente a través de los materiales poco consolidados y basaltos fracturados, circulando con una dirección de flujo de NE-SW para llegar una parte a los manantiales que se encuentran en los alrededores, así como al lago de Patzcuaro y la laguna de Zirahuen, la otra parte de agua se encuentra en el subsuelo de la meseta sirviendo de sello los basaltos y andesitas sanas, y de acuífero los basaltos fracturados y material piroclástico.

De acuerdo a los estudios geológicos, geofísicos y geohidrológicos se pudo comprobar que es posible tener mantos acuíferos potenciales en las zonas topográficamente más bajas dentro de la Meseta Tarasca (valle de Nurio, valle de Tanaca) y se perforen pozos que no sobrepasen los 200 m. de profundidad.

I INTRODUCCION

La problemática del agua en México es cada día más difícil y sobre todo en Estados como Michoacán que por su localización geográfica tiene una diversidad de climas, vegetación, costumbres y personas que sin duda alguna necesitan del vital líquido para el desarrollo de los mismos asentamientos humanos, así como la agricultura, la ganadería y las industrias entre otros.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión Nacional del Agua a través de la Universidad Nacional Autónoma de México y más específicamente por la Facultad de Ingeniería han hecho un llamado a los estudiantes a nivel licenciatura para que apliquen sus conocimientos para ayudar a resolver problemas reales que se presentan en el país.

Por tal motivo se tratará de contribuir con este trabajo en la solución de la problemática del agua en la región de La Meseta Tarasca en el Estado de Michoacán, en el sentido de proponer posibles zonas para la perforación de pozos y posteriormente la explotación del vital líquido a través de estudios geológicos, geofísicos e hidrológicos y así tener una idea más amplia del marco geohidrológico de la zona.

En la actualidad existen sistemas intermunicipales que toman agua de pozos profundos y algunos manantiales, pero la distribución a las diferentes poblaciones es cada día más costosa debido a las grandes distancias, altitudes topográficas y por lo tanto al bombeo requerido.

En la zona de estudio se han llevado a cabo pocos estudios geohidrológicos, pero, estos dan una alta posibilidad de encontrar agua subterránea más cerca de los poblados para que de esta forma se reduzca el costo.

CAPITULO II GENERALIDADES

II.1 OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo principal ampliar el conocimiento del marco geohidrológico de La Meseta Tarasca y de esta manera contribuir a la solución del problema de abastecimiento de agua potable en la zona.

Otro de los objetivos es el de determinar las mejores zonas del subsuelo que resulten favorables a través de los estudios geofísicos, geológicos e hidrogequímicos para perforaciones exploratorias y posteriormente con fines de explotación.

Y por último definir por medio de la morfología la cronología y tipos de eventos volcánicos en la zona, ya que estos tienen diferentes grados de intemperismo y erosión que los definen.

II.2 LOCALIZACION Y ACCESO

La zona de estudio se localiza en la porción NW del Estado de Michoacán ocupando una área aproximada de 2000 Km².

Geográficamente se localiza entre los paralelos 19° 15' y 19° 50' de latitud Norte y entre los meridianos 101° 30' y 102° 30' de longitud Oeste; además de estar sobre una altura topográfica de 2000 m.s.n.m.

El área comprende en su totalidad a los municipios de : Charapan, Cheran, Nahuatzen y Paracho; y por algunos otros que sólo parte de ellos cae dentro de la zona de estudio como es el caso de: Chilchota, Erongaciuaro, Nuevo San Juan, Patzcuaro, Tingambato, Tanganciuaro, Uruapan, Villa Jiménez y Zacapu.

El acceso a la zona de estudio se puede realizar a través de la carretera federal No. 15 hasta la ciudad de Morelia, por la carretera federal No. 14 a la ciudad de Uruapan y de ahí a Paracho que es una de las poblaciones importantes en el área, por la carretera federal No. 38 que también comunica a toda la Meseta por carreteras y terracerías.

En general se puede considerar como fácil acceso a toda la zona de estudio con excepción de un 15% aproximado de ésta, en su porción oriental que es de topografía abrupta, con brechas transitables sólo con vehículos de alta rodada.

ESTADO DE MICHOACÁN

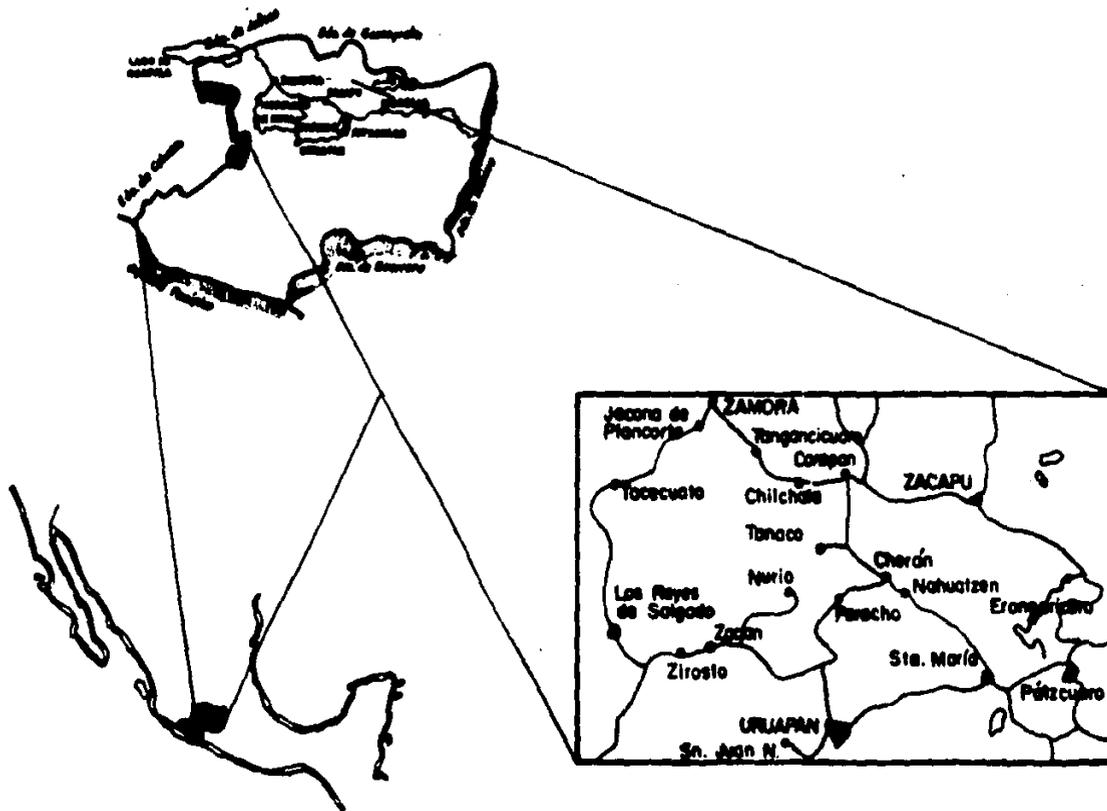


FIGURA 2.1 CROQUIS DE LOCALIZACION

**TEGIS
PROFESIONAL
Alfonso Muñoz G.
Martha Elena A.**

II.3 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

II.3.1 POBLACION TOTAL

En la tabla 2.3.1 se puede ver el resumen de la población total según el censo de 1980 en los diferentes municipios de La Meseta Tarasca, pudiéndose notar la separación entre hombres y mujeres para tener una mejor visión sobre el tema.

Se observa también que el municipio de Paracho cuenta con la mayor población total con 23,596 hab. y Tingambato la menor con 8,471 hab.

II.3.2 POBLACION DE 6 A 14 AÑOS SEGUN SU APTITUD PARA LEER Y ESCRIBIR

La tabla 2.3.2 nos muestra que en el municipio de Paracho tenemos tanto el mayor, como el menor número de analfabetas, esto es, 4,667 personas de 6 a 14 años que saben leer y escribir y 1,821 que no saben ni leer ni escribir.

Lo anterior es claro debido a que en este municipio es el más grande en La Meseta Tarasca y por lo tanto el que tiene más habitantes en los que se pueden reflejar dichas cifras.

II.3.3 POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS SEGUN SU NIVEL DE INSTRUCCION

En la tabla 2.3.3 podemos observar que en el municipio de Paracho se refleja el mayor número de personas que tienen instrucción primaria y post-primaria con 9,327 y 3,312 respectivamente, así como también el mayor número de personas sin instrucción primaria.

II.3.4 POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS QUE HABLA LENGUA INDIGENA Y ESPAÑOLA.

De acuerdo a la tabla 2.3.4 podemos decir que todos los municipios de La Meseta Tarasca existen personas que hablan su dialecto y además el idioma español, aunque existen también personas que todavía no hablan español, lo anterior se presenta en todos los municipios, pudiéndose notar que en algunos casos más y en otros menos.

TABLA No. 2.3.1

POBLACION TOTAL

No.	MUNICIPIO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1.-	CHARAPAN	4886	4977	9863
2.-	CHERAN	6580	6687	13267
3.-	NAHUATZEN	8147	8463	16610
4.-	PARACHO	11591	11995	23586
5.-	TARETAN	5612	5501	11113
6.-	TINGAMBATO	4115	4356	8471
7.-	URUAPAN	71429	75569	146998
8.-	ZACAPU	30473	32147	62620

TABLA No.2.3.2

POBLACION DE 6 A 14 AÑOS SEGUN SU APTITUD PARA LEER Y ESCRIBIR

No.	MUNICIPIO	SABEN LEER Y ESCRIBIR			NO SABEN LEER Y ESCRIBIR		
		HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1.-	CHABAPAN	805	765	1570	578	615	1193
2.-	CHERAN	1261	1184	2425	531	589	1120
3.-	MANMAYEN	1483	1376	2779	699	828	1527
4.-	PARACRO	2388	2279	4667	858	963	1821
5.-	TARETAN	1075	1125	2200	552	499	1051
6.-	TIBGAMBATO	753	834	1587	287	337	624
7.-	UBUNPAN	14877	15268	30145	4345	4098	8443
8.-	ZACAPU	6728	6890	13618	1984	1817	3801

TABLA No. 2.3.3

POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS SEGUN NIVEL DE INSTRUCCION

No.	MUNICIPIO	Con Instruccion Primaria	Con Instruccion Post-Primaria	Sin Instruccion
1.-	CHARAPAN	3639	532	2148
2.-	CHERAN	4840	997	2933
3.-	MANJATZEN	5862	889	2425
4.-	PARACHO	9327	3312	3496
5.-	TARETAN	5173	1090	2116
6.-	TINGAMBATO	3857	989	1801
7.-	URUAPAN	57811	25264	13787
8.-	ZACAPU	27793	10851	10099

TABLA No. 2.3.4

POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS QUE HABLA LENGUA INDIGENA Y ESPAÑOLA

No.	MUNICIPIO	HABLA LENGUA INDIGENA	HABLA ESPAÑOL	NO HABLA ESPAÑOL
1.-	CHARAPAN	4792	3162	1274
2.-	CHERAN	6465	5699	694
3.-	MANJATZEN	5248	3130	1606
4.-	PARACHO	6748	5522	851
5.-	TARETAN	216	126	77
6.-	TINGAMBATO	1302	1191	61
7.-	URUAPAN	8730	6213	1730
8.-	ZACAPU	2001	1690	172

II.3.5 VIVIENDAS SEGUN MATERIAL EN PISOS, PAREDES Y TECHOS

La tabla 2.3.5 es muy interesante ya que muestra de una manera clara y resumida las condiciones de vivienda en La Meseta Tarasca.

Por ejemplo podemos observar que en el municipio de Cheran tenemos, 219 hogares con agua entubada y drenaje conectada a fosa séptica, 262 con agua entubada y drenaje conectado a la red pública, 78 sin energía eléctrica y que su drenaje lo descarga al suelo y así, podemos obtener una diversidad de datos muy interesantes y referidos a un municipio en particular.

Se tiene que hacer una observación pertinente en relación a las tablas anteriores, refiriendonos a que no hemos contemplado los datos de los municipios de Uruapan y Zacapu, debido a que quedan fuera del ámbito de La Meseta Tarasca y sólo están en las tablas como una referencia comparativas contra los otros municipios que sí están por lo menos en su mayoría dentro de La Meseta.

TABLA No.2.3.5
VIVIENDA SEGUN MATERIAL EN PISOS PAREDES Y TECHOS

No.	MUNICIPIO	CON TUBERIA DRENAJE				Total de ocupantes en viviendas particulares
		Conectada a Fosa septica	Conectada a Drenaje publico	Que desaguan al suelo	Sin tuberia de drenaje	
1.-	CHARAPAN					
	a) Agua entubada	84	291	6	7149	9825
	b) Energia electrica	84	184	6	4382	5701
	c) Sin energia electrica	(-----)	93	(-----)	2721	3691
2.-	CHERAM					
	a) Agua entubada	219	262	222	10903	13244
	b) Energia electrica	170	237	144	7158	8907
	c) Sin energia electrica	35	25	78	3664	4034
3.-	MANJATZEN					
	a) Agua entubada	58	140	33	13234	16598
	b) Energia electrica	41	102	33	9226	11140
	c) Sin energia electrica	17	25	(-----)	3854	4635
4.-	PARACNO					
	a) Agua entubada	541	361	164	18954	23473
	b) Energia electrica	519	299	141	13997	16887
	c) Sin energia electrica	6	40	23	4811	5862
5.-	TARETAN					
	a) Agua entubada	319	2554	722	6721	11103
	b) Energia electrica	308	2519	659	4970	9062
	c) Sin energia electrica	2	23	53	1708	1894
6.-	TINGABATO					
	a) Agua entubada	275	306	126	6892	8462
	b) Energia electrica	244	204	100	5374	6382
	c) Sin energia electrica	25	90	26	1472	1826
7.-	URUAPAN					
	a) Agua entubada	3575	83774	2304	45065	146657
	b) Energia electrica	3228	81797	2178	31891	126692
	c) Sin energia electrica	316	1359	102	12450	15456
8.-	ZACAPU					
	a) Agua entubada	1624	30329	660	25374	62305
	b) Energia electrica	1501	29552	590	20170	55118
	c) Sin energia electrica	89	654	70	4948	6174

II.4 PROBLEMÁTICA DEL AGUA POTABLE.

Para el análisis de la problemática del agua se ha dividido el área en sistemas, esto es:

-SISTEMA SANTA CRUZ TANACO- SEVINA que abarca las localidades de Sta. Cruz Tanaco, Cheranastzicuri, Nahuatzen y Sevina.

-SISTEMA SANTA MARIA HUIRAMANGARO- LA MOJONERA que abarca las localidades de: Sta. María Huiramangaro, Sn. Juan Tumbio, Sn. Francisco Pichataro, Sn. Isidro y La Mojonera.

-SISTEMA SANTA ANA ZIROSTO - CAPACUARO que abarca las localidades de: Angahuan, Sn. Lorenzo y Capacuaro.

En la tabla 2.4.1 se tiene un resumen del sistema Sta. Cruz Tanaco- Sevina, en la que se puede observar que en la localidad de Sta. Cruz Tanaco con una población para 1987 de 3356 hab. tiene una demanda de 4.9 lt/seg. y que actualmente no se tiene ningún aporte sin el sistema; el caso de Cheranastzicuri con una población para el mismo año de 1878 hab. y una demanda de 2.7 lt/seg. del cual no se tiene aporte sin el sistema propuesto; y así sucesivamente para Cheran, Nahuatzen y Sevina, en total tenemos para este sistema una población de 26667 hab. para 1987 con una demanda de 38.60 lt/seg. y con sólo un aporte de 9.00 lt/seg. Teniendo este sistema en funcionamiento se tendrán 62.00 lt/seg.; para el año 2010 se tendrán 48,680 hab. aproximadamente y se demandarán 70.40 lt/seg., por esta razón es necesario buscar nuevas fuentes de abastecimiento que puedan satisfacer las demandas de la población.

Para el Sistema Sta. Ma. Huiramangaro-La Mojonera que abarca las localidades que ya comentamos anteriormente registrando las siguientes cifras :

La población en 1987 es de 11,124 hab. y tienen una demanda de 16.00 lt/seg. de la cual sólo se satisface el 33.7 % o sea 5.40 lt/seg. Con el sistema en operación se abastecerán 18.00 lt/seg. o sea el 112.5 %, pero para el año 2010 se tendrá una población aproximada de 16,993 hab. y demandarán un gasto de agua de 24.60 lt/seg. que es superior aún al que ofrece el sistema o sea 73.13 %.

Lo anterior puede visualizarse en la tabla 2.4.2

Por último para el Sistema Sta. Ana Zirosto-Capacuaro que abarca las localidades de Angahuan, Sn. Lorenzo y Capacuaro, tenemos una población total para 1987 de 14,373 hab. con una demanda de 20.80 lt/seg. y un aporte de 5.10 lt/seg. o sea el 24.51 %, pero con el sistema en operación se aportarían 24 lt/seg. que sería el 115.38 %

* PROBLEMÁTICA DEL AGUA*

Tabla 2.4.1

SISTEMA : STA. CRUZ TANACO-SEVINA

LOCALIDAD	POBLACION		DEMANDA (L/seg)		APORTE (L/seg)	
	1987	2010	1987	2010	Actual	Sistema
Sta. Cruz Tanaco	3356	6713	4.90	9.70		10.00
Cherametzicurin	1878	3577	2.70	5.20		5.00
Cheran	12644	25291	18.30	36.60	9.00	28.00
Mahuetzen	6515	9710	9.40	14.00		14.00
Sevina	2274	3389	3.30	4.90		15.00
TOTAL	26667	48680	38.60	70.40	9.00	62.00

* Tomada de la CNA (1988)

* PROBLEMÁTICA DEL AGUA*

Tabla 2.4.2

SISTEMA : STA. MUJIRANGARO - LA MOJONERA

LOCALIDAD	POBLACION		DEMANDA (L/seg)		APORTE (L/seg)	
	1987	2010	1987	2010	Actual	Sistema
Sta. M. Muirangaro	1644	2908	2.40	4.20		4.20
San Juan Tumbio	2252	3982	3.20	5.80		5.80
Sn. Fco. Pichatero	3794	4986	5.50	7.20	4.50	2.50
Sn. Isidro	1396	2080	2.00	3.00		2.50
La Mojonera	2038	3037	2.90	4.40	0.90	3.00
TOTAL	11124	16993	16.00	24.60	5.40	18.00

* Tomada de la CNA (1988)

* PROBLEMÁTICA DEL AGUA*

Tabla 2.4.3

SISTEMA : STA. ANA ZIROSTO - CAPACUARO

LOCALIDAD	POBLACION		DEMANDA (L/seg)		APORTE (L/seg)	
	1987	2010	1987	2010	Actual	Sistema
Angahuan *	4751	13017	6.70	18.80	2.10	9.00
San Lorenzo **	4173	11434	6.00	16.50	3.00	8.00
Capacuaro ***	5449	14932	7.90	21.60		8.00
TOTAL	14373	39383	20.80	56.90	5.10	26.00

* Tomada de la CNA (1988)

* Su demanda se satisface al año de 1998 para una población de 7670 hab.

** Su demanda se satisface al año de 2000 para una población de 7600 hab.

*** Su demanda se satisface al año de 1987 para una población de 5530 hab.

En cada una de las localidades, este aporte será suficiente sólo para determinado número de habitantes, o sea, en Angahuan su demanda se satisface hasta el año 1993 para, 7670 hab.; en Sn. Lorenzo su demanda se satisface al año 2000 para una población de 7600 hab.; por último en Capacuaro su demanda se satisface al año 1987, para una población de 5530 hab. La información anterior está referida a la tabla 2.4.3

Esta muy clara la problemática del agua en La Meseta Tarasca en la actualidad, y en el futuro ya que no muestra un panorama muy satisfactorio, por lo cual en este trabajo se tratará de ayudar a disminuir dicha problemática, proponiendo zonas específicas para la posible extracción del vital líquido a bajo costo, y de esta manera aumentar los aportes en los sistemas satisfaciendo la demanda reclamada.

II.5 METODO DE TRABAJO

Para la realización del presente trabajo se programaron diversas actividades para un mejor seguimiento del proyecto.

En primera instancia se procedió a recopilar toda la información de tipo cartográfica, geohidrológica, geológica, tectónica y climatológica entre otras. Recopilada la información se analizó para enmarcar el aspecto hidrológico y de esta manera manejar con claridad el entorno sobre el cual se trabajará.

Con la información obtenida del INEGI, UNAM, EXYCO, y la SARH. se realizó una carta geológica preliminar basada también en la fotointerpretación de toda la zona realizada por los suscritos con anterioridad, que serviría como base para la verificación en campo en cada uno de los recorridos.

En segundo término se llevó a cabo el trabajo de campo con una duración total de tres semanas, realizándose la verificación geológica de la carta preliminar antes mencionada; levantamientos estructurales; localización y censo de aprovechamientos en la carta geológica preliminar; muestreo de aprovechamientos de agua en pozos, manantiales y norias; se verificó la columna perforada en el pozo "Las Fajas"; se corroboraron los datos obtenidos por la compañía EXYCO, S.A. referida a los aprovechamientos en la zona además de la actualización de la información como en el caso del pozo "las Fajas" y "Cheranatzicurin".

Dentro del censo de pozos profundos se pudieron observar desperfectos en el equipo de bombeo o falta de energía eléctrica en otros (Tanaco), que lesionan considerablemente los sistemas actuales de distribución de agua potable.

Otra de las actividades en campo consistió el verificar la litología aflorante en la zona de estudio identificándose principalmente rocas ígneas extrusivas, de diferentes eventos que van desde el Terciario Tardío hasta el Reciente, lo anterior fue basandonos en la morfología de los aparatos volcánicos y estructuras geológicas que presentan diferentes grados de intemperismo y erosión, pudiéndose identificar cinco diferentes unidades de vulcanismo.

Por último se realizó el trabajo de gabinete que consistió en afinar la carta geológica preliminar, basados en la cartografía a semidetalle realizada en campo.

También se elaboró una carta hidrológica que muestra los datos importantes sobre el tema, así como la ubicación de los aprovechamientos (pozos, manantiales y norias). Se realizó un modelo hidrogeológico conceptual en base a la conjugación de los datos geológicos, geofísicos e hidrogeoquímicos.

Otra de las actividades de gabinete fue la reinterpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) realizados con anterioridad, por medio de un programa de computadora (Zhody) que ayudo a realizar las secciones geofísicas que se localizan en el plano No.3 y 3'

Finalmente se realizó el presente trabajo que contiene además de todo lo anteriormente descrito, las conclusiones y recomendaciones realizadas por los suscritos para la posible ayuda al problema del agua.

II.6 AGRADECIMIENTOS

Es para nosotros muy importante realizar este apartado, para que de esta forma podamos agradecer la ayuda recibida, de una serie de personas amigas que nos brindaron de alguna u otra forma su ayuda desinteresada para la culminación de este trabajo. A todos ellos mil gracias.

A continuación nombraremos a algunos de ellos, estando concientes de que se nos escapan algunos nombres, ya que la formación y culminación de este trabajo se vió involucrada por una gran cantidad de gente amiga.

Ing. Carlos Santana Palomino.

Especialista en Hidráulica. Para un amigo que gracias a él se pudo dar marcha a este trabajo, además de sus consejos y orientaciones que dieron como conclusión la culminación de este trabajo.

Lic. Ma. Teresa Montes Delgado.

Encargada del Programa de Servicio Social, Prácticas Profesionales y Tesis. Por el apoyo brindado para la obtención de la beca

Lic. Francisco Javier Morales Garza.

Jefe de Proyectos de Transportes y Comunicación de la Comisión Nacional del Agua.

Lic. Enrique Garduño Sánchez

Subgte. de Administración de la Comisión Nacional del Agua en Morelia Michoacán. Por facilitarnos un medio de transporte durante el trabajo de campo en la Meseta Tarasca, Mich.

Ing. Carlos Benítez Contreras.

Residente en la Meseta Tarasca, Mich. Por la ayuda recibida durante el trabajo de campo.

Ing. Esteban Gutiérrez Manrique.

Por todas las facilidades que nos brindó para que este trabajo se llevara al cabo.

Arq. Salvador Córdova Zavala.

Gerente técnico de CYR Construcciones S.A. de C.V.

Arq. José Carlos Garduño Guzmán.

Por las facilidades que nos brindaron para la utilización del equipo de computo, así como sus acertadas orientaciones.

Srita. Gabriela González Oliver

Por la ayuda brindada en la elaboración de planos y croquis.

Sr. Angel Barroso C.

Por todos los favores recibidos durante nuestra estancia en Uruapan, Mich

Dr. Luis Silva Mora.

Investigador del Instituto de Geología de la UNAM. Por las sugerencias y orientaciones prestadas durante el inicio de este trabajo.

Por último y de manera muy especial agradecemos al Ing. **Joel Gutierrez Arroyo** la atinada dirección y asesoramiento que nos brindó a lo largo de cada una de las actividades desarrolladas. Así como al Ing. **Enrique Espinoza Amador**, al Ing. **Héctor L. Macias González**, al Ing. **Gilberto Silva Romo** y al Ing. **Emiliano Campos Madrigal**, por sus comentarios y sugerencias que nos ayudaron a enriquecer la información contenida en este estudio.

CAPITULO III CLIMATOLOGIA

III.1 PRECIPITACION PLUVIAL

De acuerdo con los datos registrados en la Estación Climatológica de Carapan se puede observar una precipitación media anual de 1029.37 mm/año para el periodo de 1961 a 1980, como se puede observar en la gráfica 3.1.1.

El año en que se registró la mayor precipitación pluvial fue 1976 con una precipitación total anual de 1384.30 mm; en tanto que el año en que se registró la menor precipitación total anual fue 1979 con 635.00 mm.

En relación a las medias mensuales se tiene para el mes de Julio 253.06 mm como la mayor media mensual y en el mes de Febrero se registró la menor precipitación media mensual con 4.57 mm.

Con respecto a la estación climatológica "Los Limones" se tiene una precipitación media anual de 997.85 mm/año para el periodo de 1960 a 1980. El año que registró la mayor precipitación total anual fue 1973 con 1424.10 mm. y la que registró la menor precipitación total anual fue 1979 con 833.1 mm. Los datos anteriores se pueden observar en la gráfica 3.1.2

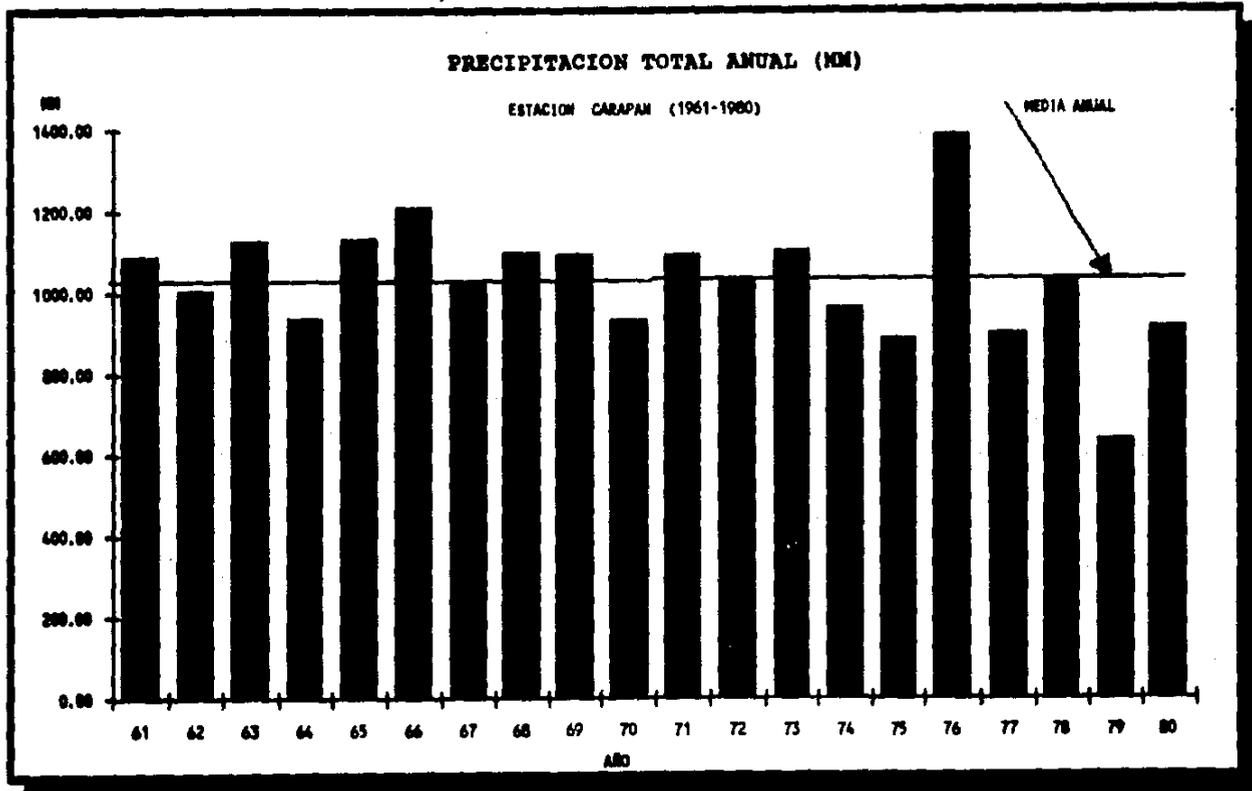
También se puede ver que en este periodo el mes que registra la máxima precipitación media mensual es Septiembre con 219.99 mm. y el que registra la mínima precipitación media mensual es Febrero con 8.15 mm.

Con respecto a la estación climatológica "Los Reyes" la gráfica 3.1.3 muestra una precipitación media anual de 761.35 mm/año para el periodo de 1960 a 1980, a excepción de los años de 1974, 1975 y 1976 que no se tienen datos. El año que registró la mayor precipitación total anual fue 1968 con 1170.90 mm. y el que registró la menor precipitación total anual fue 1966 con 306.70 mm.

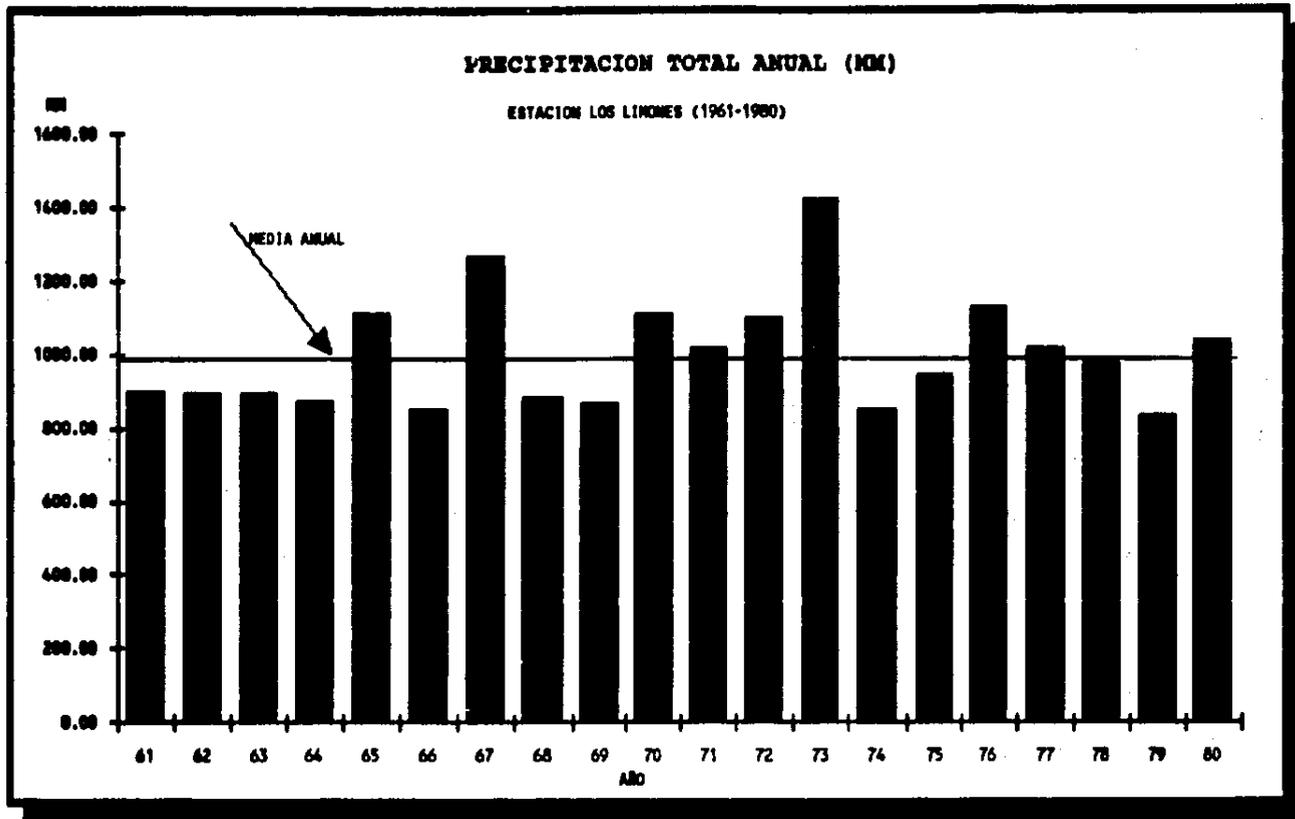
También tenemos que en este periodo el mes que registra la máxima precipitación media mensual es Julio con 213.34 mm. y el que registra la mínima precipitación media mensual es Marzo con 4.61 mm.

Por último en la gráfica 3.1.4 para la estación climatológica de Zirahuen, con un periodo de 1961 a 1980 tenemos una precipitación media anual de 956.16mm/año. Para el año de 1973 tenemos la mayor precipitación total anual con 1326.90 mm. y en 1960 la menor precipitación total anual con 560.20 mm.

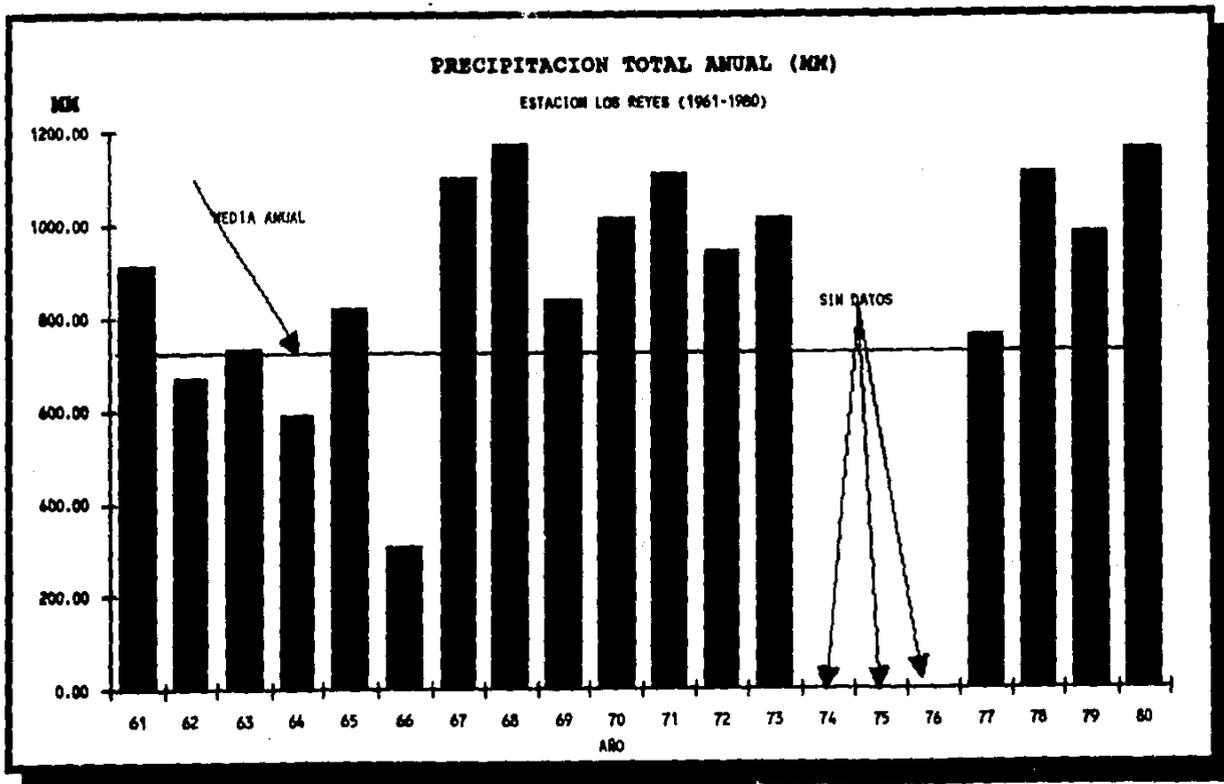
También se puede observar que el mes que registra mayor precipitación pluvial es Julio con una media mensual de 275.57 mm.; en tanto que el que registra una menor cantidad de agua precipitada es Marzo con una media de 7.30 mm.



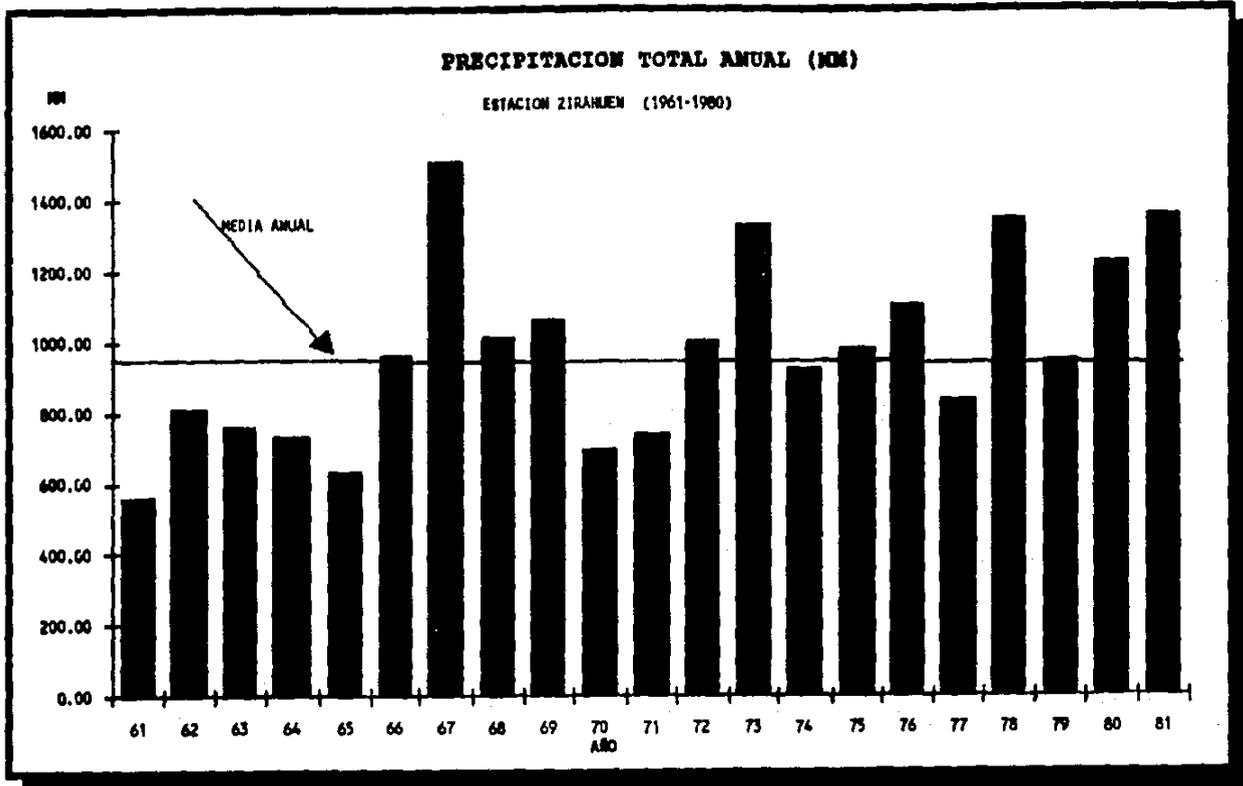
Gráfica 3.1.1



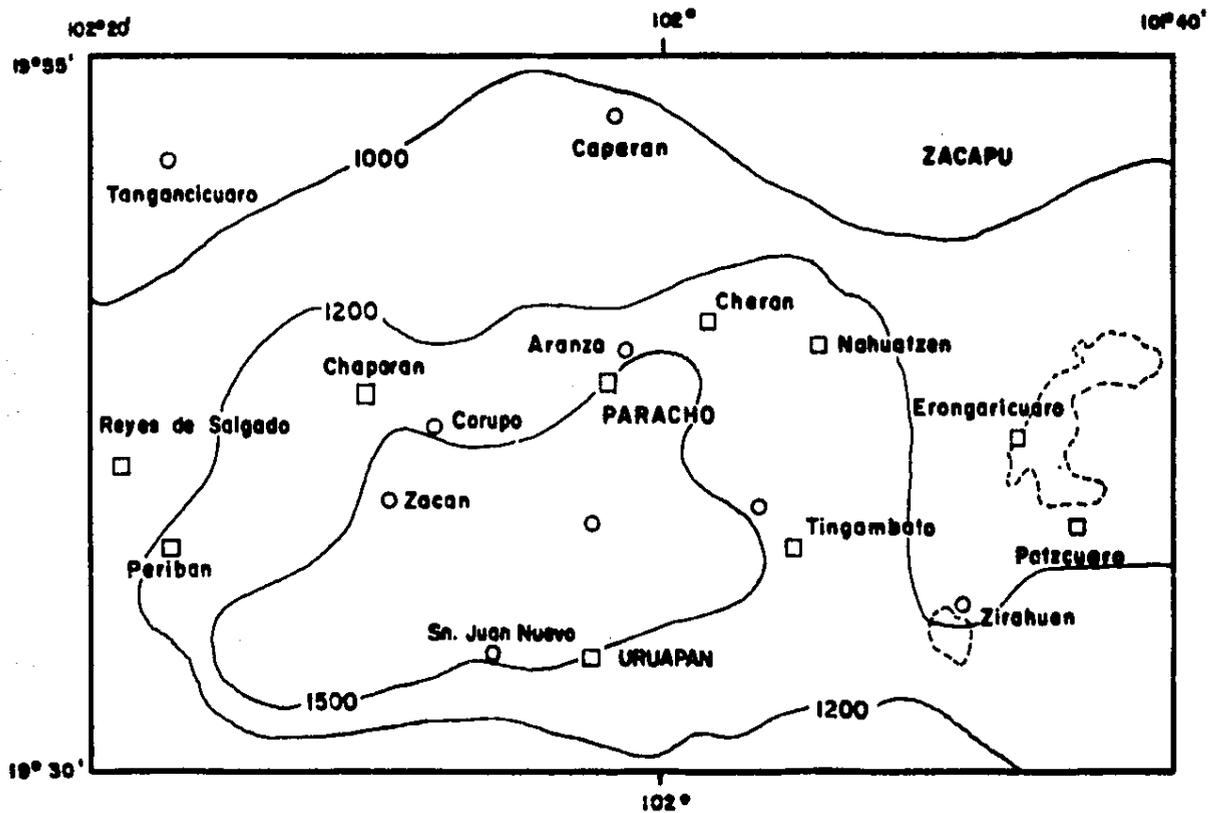
Gráfica 3.1.2



Gráfica 3.1.3



Gráfica 3.1.4



TESIS PROFESIONAL

Alvarez Munoz Gerardo.
Mendez Garza Alejandro.

FIG. ISOYETAS MEDIAS ANUALES.

1000 ISOYETAS EN MM.

III.2 TEMPERATURA

Con el fin de realizar una estimación de la distribución y magnitud de la temperatura que prevalece en la zona de estudio se procesó la información obtenida del Observatorio Nacional de Tacubaya de siete (7) estaciones climatológicas alrededor de La Meseta Tarasca, debido a que en la misma no existen estaciones de este tipo.

De esta forma para la estación climatológica de Carapan, prevalece una temperatura media anual de 14.82°C , para el período comprendido entre 1961 y 1980. Lo anterior puede observarse en la gráfica 3.2.1

El mes que registró una mayor media mensual fue Junio con 18.01°C , en tanto que el mes que registró la menor media mensual fue Diciembre con 11.5°C .

Con respecto a la estación climatológica de Los Limones se observa que esta zona cuenta con una media anual de temperatura de 21.84°C , lo anterior referido al período de 1961 a 1980. El año que registró una temperatura media anual fue 1965 con un valor de 35.43°C , y el año que se tuvo una temperatura media anual menor fue 1977 con un valor de 20.23°C .

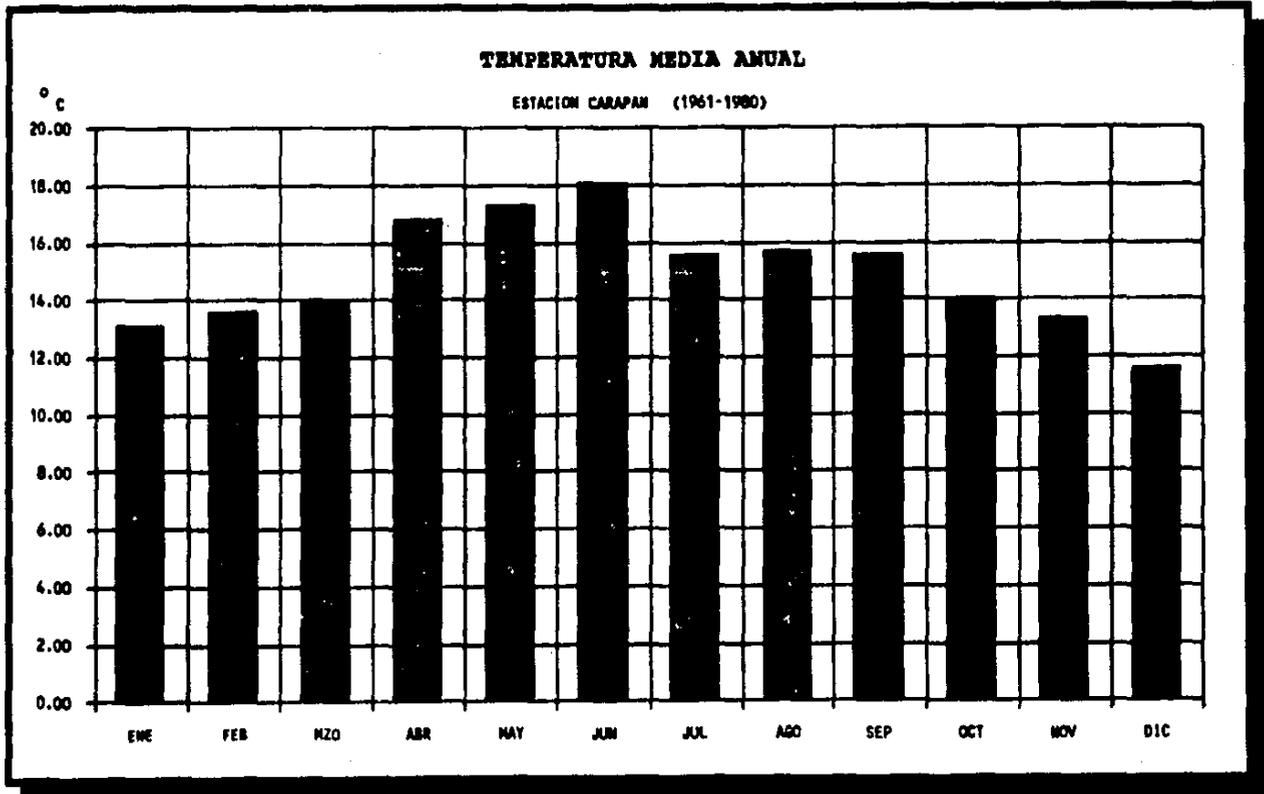
En la gráfica 3.2.2 se observa que esta área cuenta con una temperatura media mensual mayor en el mes de mayo de 23.55°C ; en tanto que el mes que se registraron las menores temperaturas fue Enero con una temperatura media mensual de 18.54°C .

Con respecto a la estación climatológica de Los Reyes se obtuvo que esta zona cuenta con una temperatura media anual de 16.31°C para un período de 1961 a 1980. El año que registró la mayor temperatura media anual fue 1961 con 22.10°C y el de menor temperatura media anual fue 1966 con 10.74°C .

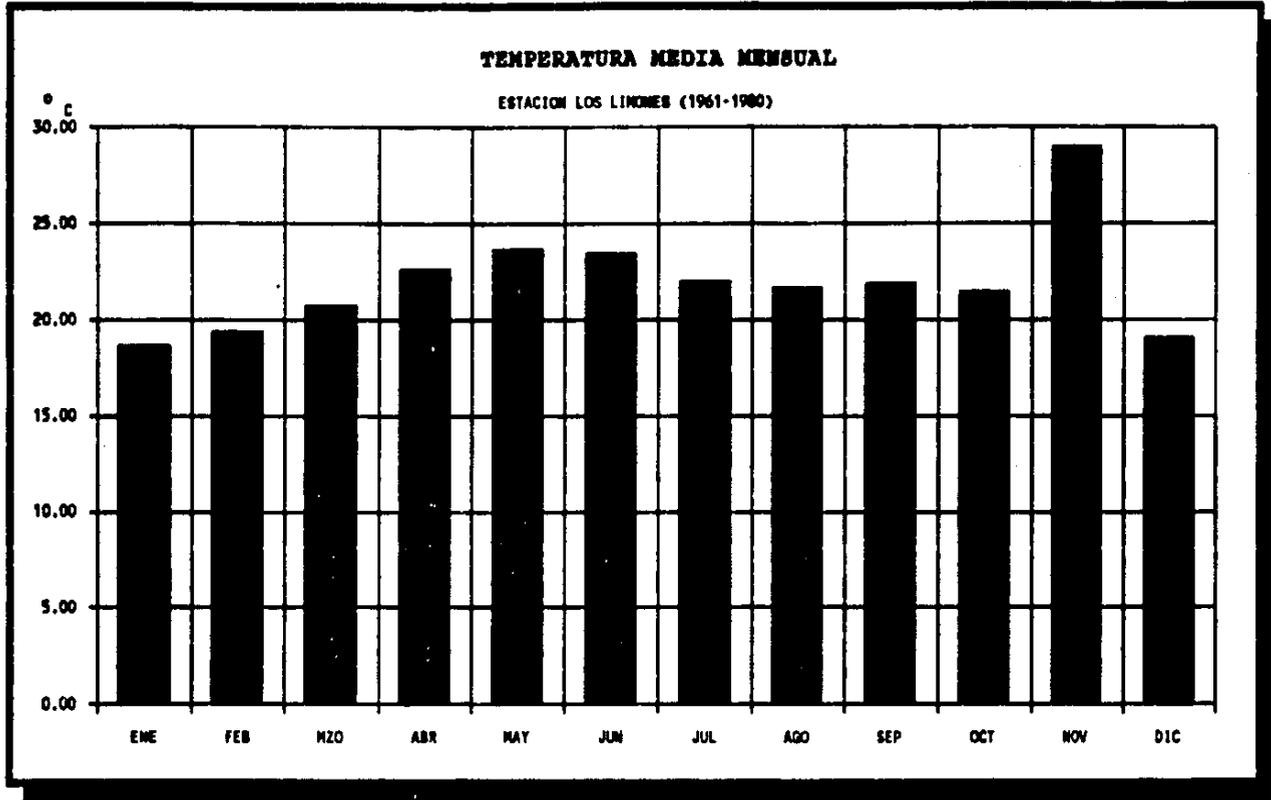
En la gráfica 3.2.3 podemos observar que el mes de Junio fue el que registró mayor temperatura media mensual con 19.61°C y el mes de Diciembre el de menor temperatura media mensual con 11.27°C .

Con respecto a la estación climatológica de Uruapan se observa que esta zona cuenta con una media anual de temperatura de 20.13°C , lo anterior referido al periodo de 1963 a 1980. El año que registró una temperatura media anual fue 1968 con un valor de 33.08°C , y el año que se tuvo una temperatura media anual menor fue 1965 con un valor de 15.38°C .

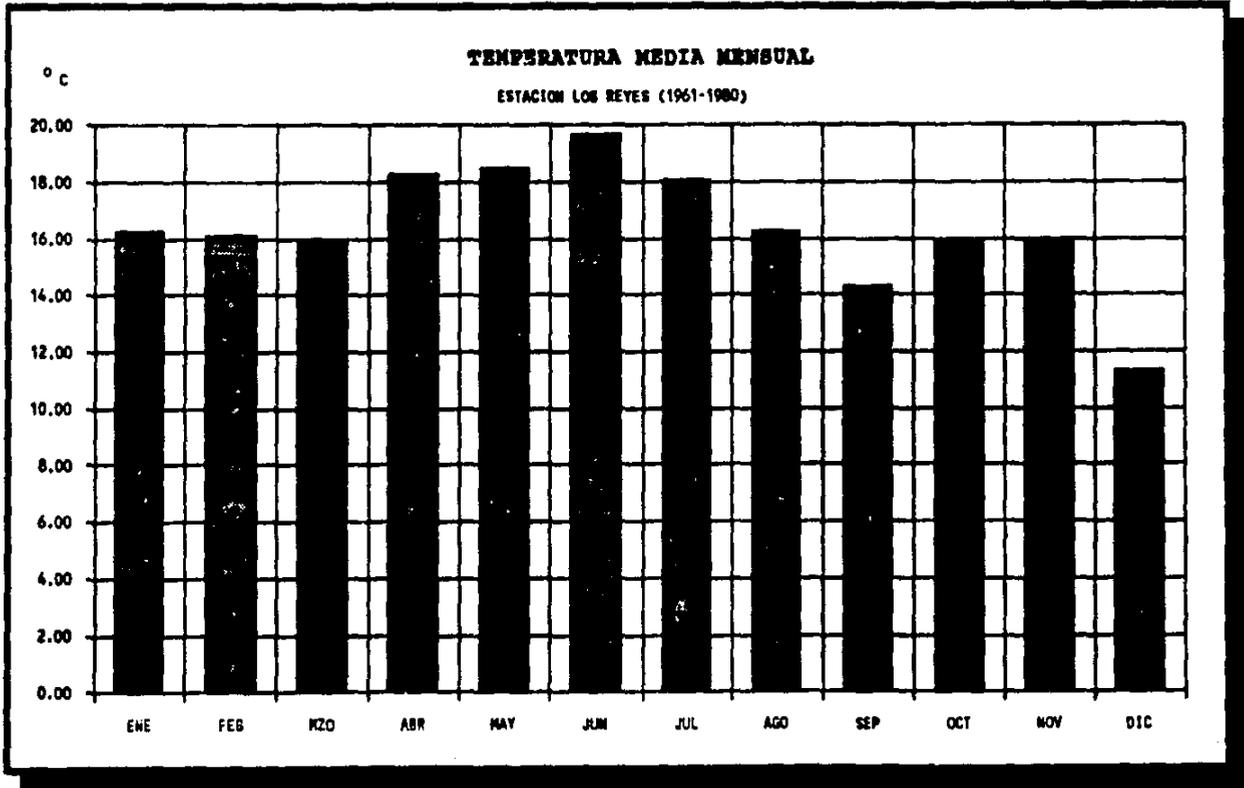
En la gráfica 3.2.5 se observa que esta área cuenta con una temperatura media mensual mayor en el mes de Febrero de 26.78°C ; en tanto que el mes que se registraron las menores temperaturas fue Noviembre con una temperatura media mensual de 16.71°C .



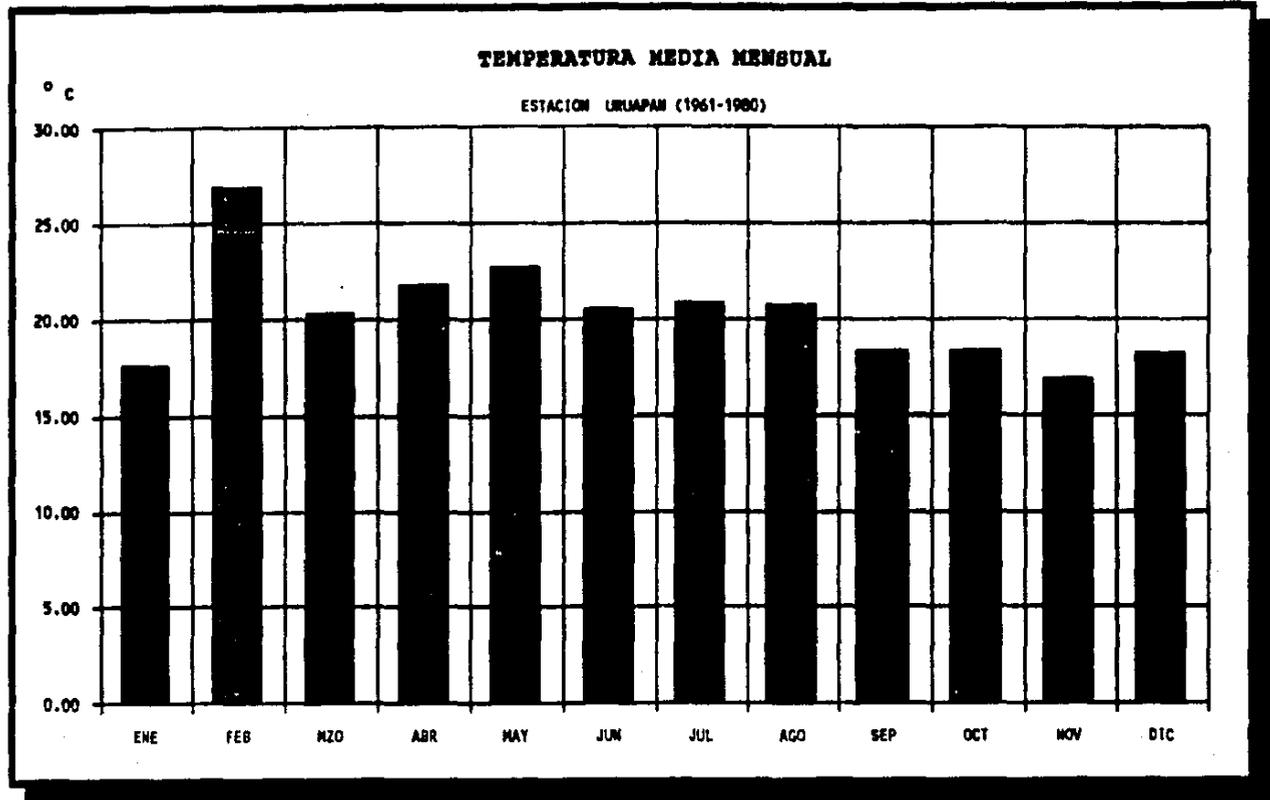
Gráfica 3.2.1



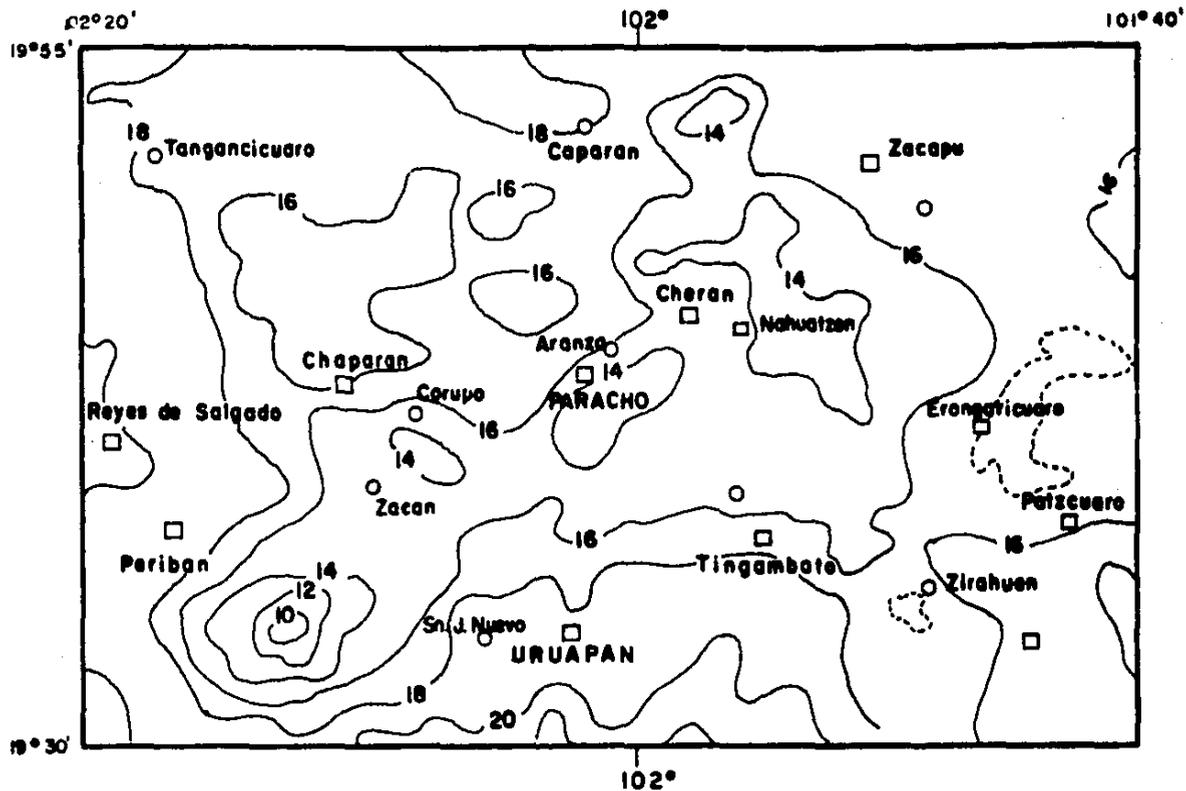
Gráfica 3.2.2



gráfica 3.2.3



Gráfica 3.2.4



TESIS PROFESIONAL

Alvarez Muñoz Gerardo.
Morales Garza Alejandro.

FIG. ISOTERMAS MEDIAS ANUALES

18 ISOTERMAS.

III.3 EVAPOTRANSPIRACION

Generalmente, se trata a la evaporación y a la transpiración en forma independiente, sin embargo, en condiciones naturales es preciso reunir ambos términos, ya que en terrenos provistos de vegetación, los dos procesos se efectúan simultáneamente y en forma interactiva. Este proceso es de suma importancia en el aspecto hidrológico, ya que es uno de los parámetros que se consideran en la ecuación de balance del mismo nombre.

Puede decirse, que la evapotranspiración es el resultado del proceso mediante el cual, el agua cambia del estado líquido al gaseoso, a través de las plantas, retornándola a la atmósfera en forma de vapor; por lo tanto este factor es aplicable en aquellas áreas provistas de vegetación y cuando no existe, lo correcto será hablar de evaporación, y por tanto, en condiciones naturales, no es posible la ocurrencia exclusiva de la transpiración, aunque ésta tiene sus características propias.

Este espacio no es suficiente ni apropiado para presentar las teorías sobre este concepto; cualquier lector interesado en el tema podrá consultar la bibliografía que se presenta en este trabajo.

La unidad que más se usa para expresar las pérdidas por evapotranspiración es en mm., y siempre se refiere a un intervalo. Al ser un parámetro de difícil cuantificación física, ya que esta ligado a la temperatura, la humedad, intensidad de iluminación, apertura de estomas de las hojas de las plantas, humedad del suelo, desarrollo vegetal y otras más, generalmente no se considera en un balance hídrico de aguas subterráneas, sin embargo, es indudable que incide directamente en la cuantificación de la disponibilidad de agua en un área, por lo que tener al menos órdenes de magnitud, hace aceptar los valores deducidos de fórmulas empíricas que se apoyan en datos meteorológicos de fácil acceso.

A la fecha, no existen métodos exactos ni científicos para determinar la evapotranspiración, sin embargo algunos investigadores han desarrollado métodos empíricos que permiten estimarla (Custodio y Llamas, 1976). Para el presente trabajo, se optó por emplear la fórmula de Turc y Coutagne para cuantificar la evapotranspiración del área de estudio.

La fórmula de Turc, experimentada en más de doscientas cuencas en diversas partes del mundo, se representa con la expresión:

$$ETR = P / (0.9 + P^{2/2} / L)$$

En donde:

ETR = Evapotranspiración real (mm/año).

P = Precipitación (mm/año).

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

T = Temperatura media anual en °C.

Realizando los cálculos correspondientes tenemos que para el área y analizados de acuerdo a la fórmula anterior para la zona de Carapan tenemos 660.83 mm/año; 833.59 mm/año para Los Limones; 606.09 mm/año para los Reyes; 977.44 mm/año para Uruapan y por último 667.1 mm/año para Zirahuen.

Considerando los valores de las medias anuales de temperatura y precipitación para toda el área se tiene que existe un promedio de evapotranspiración real de 708.68 mm/año. Estas cifras en general resultan altas por que atendiendo que la precipitación media anual para toda la zona es del orden de 936.18 mm/año, sólo habría una diferencia de 227.50 mm que sería la cantidad de agua infiltrada y vendría a contraponer la teoría que se propuso. De modo que se recomienda tomar con reserva los resultados antes vistos, ya que estos valores sobrepasan las condiciones naturales reales.

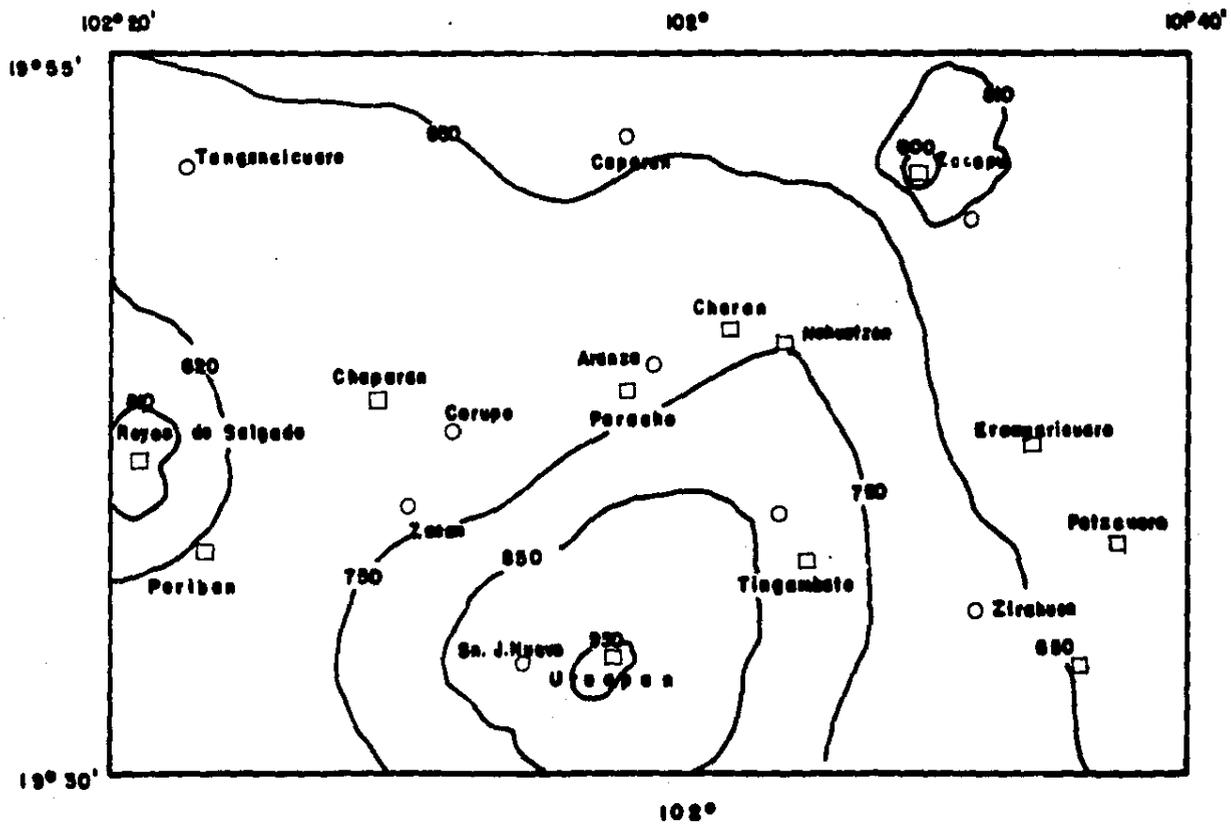


FIG. EVAPOTRANSPIRACION.
 Líneas de igual.evap.

III.4 CLASIFICACION CLIMATOLOGICA

Uno de los aspectos más importantes dentro de este trabajo es la clasificación climatológica, ya que de aquí dependen los factores esenciales para cuantificar los posibles mantos acuíferos en la Meseta Tarasca.

Sin embargo no existen estaciones climatológicas dentro del ámbito de la Meseta Tarasca por lo que se recurrió a las estaciones que se encuentran más cercanas a la zona, estas son: Zirahuen, Uruapan, Los Reyes, Carapan, Periban, Los Limones y Zacapu

En la tabla No. 3.4.1 se muestra un resumen de las estaciones antes mencionadas, anotándose además los siguientes datos: clima, altitud, temperatura media y precipitación total anual.

De acuerdo a los datos obtenidos se pudo observar que el clima predominante es del tipo C (W2) (W) según Wilhem Köppen, que corresponde a un clima Templado Sub-Húmedo con lluvias en verano, y que pertenece al más húmedo dentro de este tipo.

El regimen de lluvias predomina en verano y tiene una precipitación media anual, que oscila entre los 900-1700 mm. y tiene un promedio de 1250 mm.

Las temperaturas oscilan entre los 16°- 20° C, con un promedio de 17.8°C

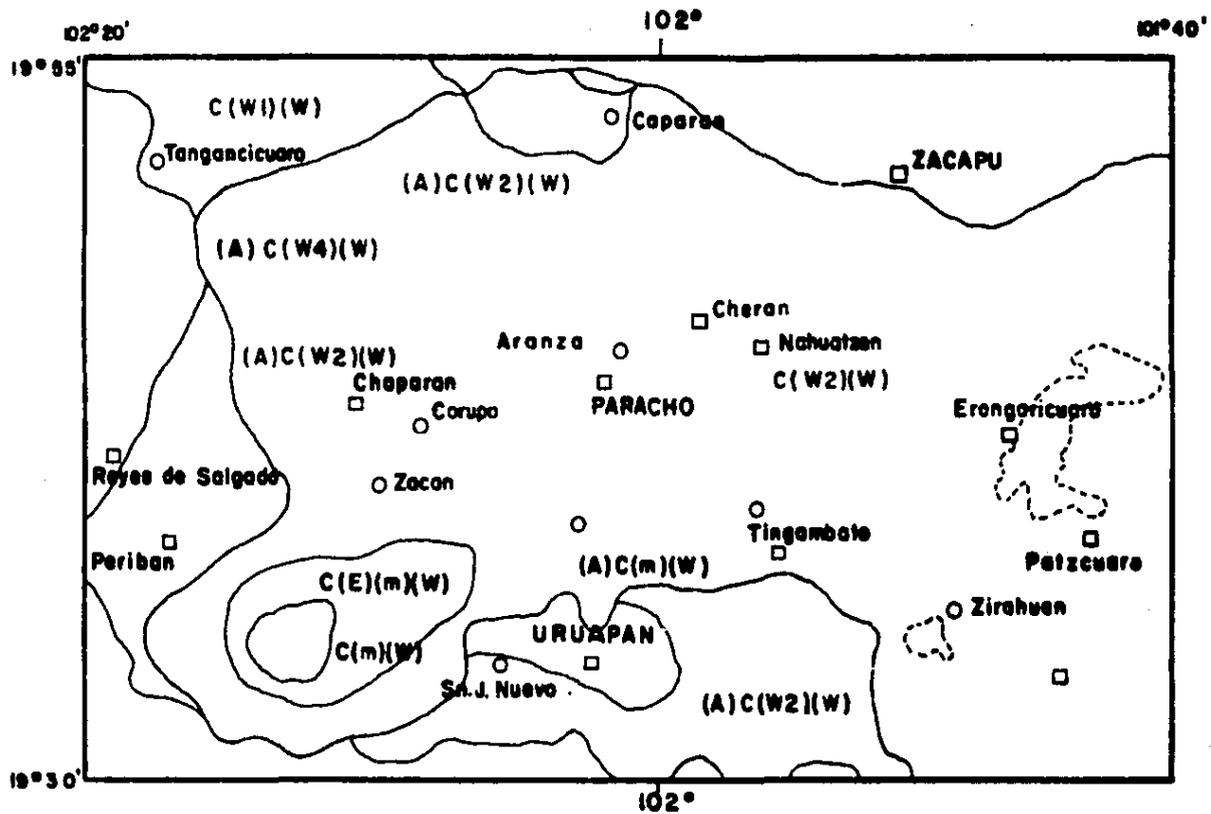
Cabe mencionar que se trata de estaciones que se ubican fuera de la zona de estudio, pero en general son similares las clasificaciones, lo que nos permite manifestar un clima similar también en la Meseta Tarasca, tomando en cuenta que las cotas de la Meseta Tarasca son mayores.

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS CERCANAS A LA HIBETA TARASCA						
ESTACION	C L I M A	ALTITUD m.s.n.m.	TEMP. MEDIA (°C)	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm) *	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm) **
ZIRAHUES	C (w2) Tipo templado subhúmedo con lluvias en verano (es el mes húmedo de este tipo)	1850	16	956.16 (1961-1980)	1149.3 (1925-1975)	1168 (1948-1970)
PERIBAN	(A) C (w2) Tipo semicaldo con lluvias en verano (es el mes húmedo de este tipo)	1500	13	1081.59 (1969-1983)	1493 (1925-1975)	
CARAPAN	(a) C (w2) (w) tipo semicaldo subhúmedo con lluvias en verano (es el mes húmedo de este tipo)	2050	13	1029.37 (1961-1980)	1264.7 (1925-1975)	
LOS REYES	(A) C (w1) (w) tipo semicaldo subhúmedo con lluvias en verano (húmedo medio)	1280	16	761.33 (1961-1980)	825.5 (1925-1975)	846 (1941-1970)
LEMAPAN	(A) c (w) (w) tipo semicaldo húmedo con abundante lluvia	1634	20	1570.45 (1949-1975)	1799.3 (1925-1975)	1669 (1952-1970)
ZACAPU	C (w2) (w) Tipo templado subhúmedo con lluvias en verano (es el mes húmedo de este tipo)	2000	15	860.53 (1967-1986)	1799.3 (1925-1975)	1669 (1952-1970)

* ATLAS NACIONAL DEL MEDIO FISICO SPP (1981)

**SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL DGMN (1976)

Table 3.4.1



TESIS PROFESIONAL

Alvarez Muñoz Gerardo.
 Morales Garza Alejandro.

CLIMAS SEGUN LA MODIFICACION
 DE KÖPPEN, MODIFICADA POR
 GARCIA (1973).

CAPITULO IV.- GEOLOGIA

IV.1.- FISIOGRAFIA

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico (Raisz, 1964), caracterizada por una altiplanicie situada a más de 2000 m.s.n.m.; de esta sobresalen numerosos cerros de varios cientos de metros de altura, siendo la mayoría de ellos aparatos volcánicos. Las lavas y piroclásticos de los aparatos volcánicos varían en edad desde el Plioceno Tardío hasta el Reciente, observándose diferentes grados en su estado de erosión. Entre los aparatos volcánicos existen llanuras y cuencas formadas en su mayor parte por rellenos aluviales o lacustres.

Esta provincia esta caracterizada por el predominio de derrames basálticos, numerosos volcanes y lagos, cuya morfología, orientación y distribución sugieren la idea de estar situados en fosas tectónicas. Los relieves topográficos altos se forman de rocas riolíticas, dacíticas, andesíticas y traquíticas, cubiertas generalmente por basáltos, en tanto que los valles que originalmente fueron cuencas lacustres profundas, se rellenaron de material fluvial derivado de las montañas y por enormes masas de cenizas de los volcanes más recientes.

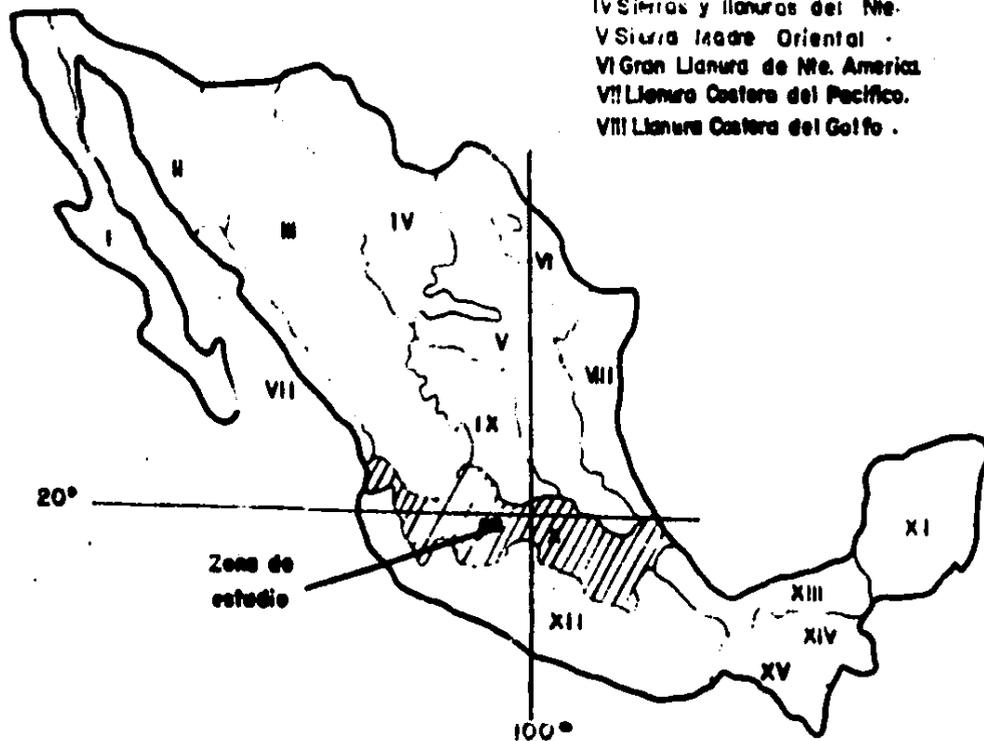
En general se observa en el área de estudio que entre los 2000 y 2100 m.s.n.m., se levantan los conos cineríticos, volcanes y estratovolcanes, y en otros sitios entre los 2400 y 2500 m.s.n.m., por lo que se observan planicies o cuencas endorreicas a los 2100, 2400 y aún a los 2600 m.s.n.m.

La figura 4.1.1 muestra la ubicación de la provincia fisiográfica según INEGI.

PROVINCIA FISIOGRAFICA

- I. Península de Baja California
- II. Desierto Sonorense.
- III. Sierra Madre Occidental
- IV. Sierras y llanuras del Nte.
- V. Sierra Madre Oriental
- VI. Gran Llanura de Nte. America
- VII. Llanura Costera del Pacifico.
- VIII. Llanura Costera del Golfo .

- IX. Mesa del Centro
- X. Eje Neovolcánico
- XI. Península de Yucatán
- XII. Sierra Madre del Sur.
- XIII. Llanura Costera del Golfo Sur.
- XIV. Sierras de Chiapas.
- XV. Cordillera Centro Americana.



Según INEGI.

Tesis Profesional
Gerardo Almaraz M.
Alejandro Morales G.

IV.2 ESTRATIGRAFIA

Debido a la complejidad de la zona y a la falta de afloramientos representativos en el área de estudio, el sistema que se siguió para la clasificación litológica fue diferente al acostumbrado, esto es, se tomó en cuenta la geomorfología, grado de erosión e intemperismo así como sus relaciones estratigráfica de esta forma se lograron identificar y diferenciar cinco unidades, con diferentes edades relativas.

El área de estudio esta conformada principalmente por Basaltos, Andesitas, Tobas basálticas y material piroclástico.

A continuación se describirán en forma breve cada una de las unidades partiendo de la más antigua a la más reciente.

IV.2.1 BASALTO 5 (B 5)

Esta unidad esta constituida por las rocas más antiguas que afloran en la zona de estudio, siendo ésta la que presenta las estructuras volcánicas de mayor altura topográfica, las cuales se encuentran muy afectadas por los agentes erosivos; conforma un drenaje muy desarrollado e integrado de tipo radial y disección profunda.

Los estratovolcanes son las estructuras volcánicas que más destacan y representan un volumen importante de lava con poca inclinación. También existen conos cineríticos muy erosionados pero en menor proporción.

Distribución.-

Esta unidad presenta una distribución muy amplia, localizandose en las zonas Norte de Paracho, Nurio, Uruapan, Capacuaro y San Fco. Pichataro; al Sur de Sevina, Camachuen; al este de Nahuatzen y al Oeste de Santiago Tingambato.

Litología.-

Su litología esta constituida principalmente por Basaltos acompañados por material Piroclástico. Los Basaltos presentan un color negro al fresco y amarillento al intemperismo; las texturas que se observan megascópicamente son afanítica y porfídica, ya que los piroxenos y olivinos se presentan en cristales de gran tamaño, otra de las características es que presentan vesículas de gran tamaño (hasta 7 cm.) sin relleno

El material piroclástico esta constituido por arenas, cenizas, lapilli y bombas, las cuales en ocasiones se encuentran pseudoestratificadas, este material se encuentra sobreyaciendo a los basaltos.

Intemperismo y Fracturamiento.-

Esta unidad se encuentra afectada por un intemperismo muy avanzado y profundo y en ocasiones esferoidal que altera a material areno-arcilloso y limo-arcilloso, formando suelo residual "in situ", en ocasiones tiene un alto contenido de materia orgánica cubriendo zonas muy amplias. En algunos sitios se observa la alteración de la roca y el material residual fino de color amarillento pardo.

Con lo que respecta al fracturamiento este se presenta en forma escasa, pero en las pocas zonas donde se observó tiene intensidad moderada.

Edad y Contactos.-

Las rocas expuestas de esta unidad son las más antiguas de la zona de estudio. Esta unidad subyace a rocas Terciarias y sobreyace a rocas de la unidad B4.

IV.2.2 BASALTO + (B 4)

Corresponde a aquellas rocas cuyas estructuras volcánicas, principalmente sus conos cineríticos exhiben una morfología modificada, laderas concavas y disección profunda; mientras que en los derrames no se observan estructuras de flujo y sus límites son imprecisos, además presenta un drenaje integrado y desarrollo de suelos abundantes.

Las estructuras volcánicas de esta unidad son variadas como es el caso de estratovolcanes, volcanes de escudo, conos cineríticos con derrames asociados y derrames aislados.

Los estratovolcanes aparecen sobrepuestos a las estructuras de edad relativa Plioceno presentando una morfología menos modificada y con pendientes más pronunciadas. En los estratovolcanes y volcanes de escudo en algunos casos se observa estar coronados por conos cineríticos tanto de la misma edad como del Pleistoceno Medio.

En los bordes de las estructuras mayores se observan algunos conos con forma de herradura causada por fallamiento normal.

Distribución.-

Esta unidad se distribuye ampliamente en la zona de estudio encontrándose principalmente al Norte de Cheran, Sur de Nahuatzen, Taricuaró, Sevina, Norte de Sn. Juan Tumbio, Este de Sn. Fco. Pichataro, Norte de Sn. Felipe, Norte de Angahuán, Norte de Sn. Lorenzo, Norte y Sur de Pomacuarán.

Litología.-

Las rocas pertenecientes a esta unidad son de composición basáltica y en menor proporción andesítica, tanto lávicas como piroclásticas. Los basaltos son de color gris oscuro al fresco y pardo al intemperismo, en ocasiones se presentan vesículas de tamaños reducidos.

Las rocas piroclásticas presentan una buena gradación que va desde bloques, bombas, lapilli y cenizas; la mayoría de los piroclastos son escoriáceos.

Los conos cineríticos tienen una composición similar a las de sus derrames asociados.

Las brechas volcánicas de color rojizo son de composición basáltica, compactas y en algunos casos tienen una alternancia de derrames y tezontle.

Intemperismo y Fracturamiento.-

Las rocas de esta unidad están afectadas por un intemperismo somero y solo en algunos casos profundo, produciendo coloraciones amarillentas. En algunos sitios se observó la roca alternando con una arcilla roja.

El fracturamiento que presenta esta unidad es muy intenso, dando lugar a lajas en algunos sitios con una dirección preferencial NW-SE, y unos espesores de 5 a 10 cm.

Edad y contactos.-

Para esta unidad se ha propuesto una edad relativa de B4 , sobreyace a la unidad B5 y subyace a la unidad B3.

IV.2.3 BASALTO 3 (B3)

Esta unidad se ha definido por poseer una morfología de laderas cónicas con disección profunda, se observan escasas estructuras de flujo, en pocos sitios se pueden delimitar los derrames emitidos por cada estructura volcánica, esto se debe a que se trata de volcanes monogenéticos, que están constituidos por pequeños edificios volcánicos que presentan un drenaje integrado y además han desarrollado suelos gruesos cubiertos por vegetación o cultivos.

Litología.-

Esta unidad está constituida principalmente por basaltos y en menor proporción por andesitas, ambas acompañadas por material piroclástico; los basaltos presentan una coloración gris claro al fresco y café obscura al intemperismo; presentan una textura afanítica, esta roca está más compacta que las anteriores y el poco fracturamiento que se observó es muy incipiente, sin embargo tiene una gran cantidad de vesículas de hasta 5 cm de longitud. Las andesitas se encuentran en forma de derrames mientras que el material piroclástico se alterna como se dijo antes tanto con basaltos como con andesitas. Dicho material está constituido por bloques, bombas, lapilli y cenizas presentándose en forma escoriacea.

Intemperismo y fracturamiento.-

El intemperismo en estas rocas se presenta en forma incipiente sólo en algunas partes, en otras se da del tipo esferoidal, estas rocas se alteran a arcillas de color amarillo claro; en lo referente al fracturamiento como ya se mencionó no se presenta en forma abundante ni con ninguna orientación preferencial.

Distribución.-

Esta unidad ya no tiene tanta distribución como las dos anteriores sin embargo se hace notar por la gran cantidad de pequeños edificios volcánicos distribuidos dentro de la zona de estudio, además se caracteriza también por no presentar estructuras volcánicas de gran tamaño.

Esta unidad la localizamos en la zona Norte de Lazaro Cardenas, Este de Zinziro, Norte de Nahuatzen, Turicuaró, Sur de Arantepecua, W de Sta. Ma. Huiramangaro, Sur y Este de San lorenzo, Sur de Pomacuaran, Este y Oeste de Nurio y Este de Cheran.

Edad y Contactos.-

Se le ha asignado a esta unidad una edad relativa de B3, sobreyace a la unidad B4 y subyace a la unidad B2.

IV.2.4 BASALTO 2 (B 2)

Esta unidad agrupa también estructuras volcánicas monogenéticas, las cuales presentan una morfología inicial poco modificada, laderas rectilíneas y una disección moderada, mientras que los derrames asociados aparecen con estructuras de flujo bien preservadas, sus límites nítidos, drenaje desintegrado con un desarrollo de suelos delgados cubiertos por vejetación y sin cultivo.

Distribución.-

Esta unidad presenta una distribución todavía menor a las anteriores, en dicha unidad prevalecen los conos cineríticos y algunos derrames aislados bien definidos, la encontramos distribuida en la zona Sur de Cheranatzicurin, Este de Capacuaro, Sur de Pomacuarán, Este de Sta. Ma. Huiramangaro, Sur de Cheran, Nte. de Santiago Azajo y Nte de Turicuaró.

Litología.-

La unidad esta constituida por basaltos, andesitas, tobas de composición basáltica y material piroclástico. Los basaltos presentan una textura porfídica mientras que las andesitas se les observó una textura afanítica.

Los basaltos presentan una coloración gris clara al fresco y parda al intemperismo. Los derrames se les observó una dirección de flujo bien definida; presenta también un alto contenido de vesículas alargadas con una dirección preferencial hacia el SE.

El material piroclástico presenta tamaños más reducidos que las otras unidades que van desde lapilli hasta limos y arcillas, otra de las características es que se presenta en pseudoestratos de diferentes espesores, que van desde 5 cm. hasta 4 mts.; estos pseudoestratos presentan cierta inclinación debido a la topografía preexistente.

Intemperismo y Fracturamiento.-

Esta unidad no se encuentra muy afectada por efectos de intemperismo y erosión, sin embargo se encuentra cubierta por vegetación; en lo que respecta al fracturamiento se puede decir que es muy intenso debido al rápido enfriamiento que sufrió el material lávico.

Edad y Contactos.- La edad relativa propuesta para esta unidad es B2 ; se encuentra subyaciendo a la unidad B3 y sobreyaciendo a la unidad B1.

IV.2.5 BASALTO 1 (B 1)

Esta unidad es la más reciente en la zona de estudio y presenta todas sus estructuras perfectamente preservadas y sus límites son bastante nítidos, su drenaje aún no se desarrolla y su superficie esta desprovista de suelo.

Los conos cineríticos tienen una morfología sin modificar con laderas rectilíneas y disección incipiente.

Distribución.- Esta unidad es la que menor distribución presenta en la zona de estudio pudiendose observar en la zona Oeste de Cheran y al Sur de Angahuan.

Litología.-

Las rocas que constituyen esta unidad estan formadas por basaltos, andesitas y material piroclástico. los basaltos presentan un color gris oscuro y una textura afanítica, pudiendose identificar algunos minerales como olivino, piroxenos y anfíboles; esta unidad aflora en cuerpos grandes y sanos presentando vesículas en cantidad reducida y con dimensiones menores a 1 cm. de longitud.

El material piroclástico esta constituido por bloques, bombas, lapilli y cenizas, al igual que las unidades anteriores son escoriaceas.

Intemperismo y Fracturamiento.-

Dada la edad reciente que presenta esta unidad, sus rocas se encuentran sanas, sin embargo se pudieron observar alteraciones muy esporádicas que no son representativas en la unidad, en estos sitios los basaltos intemperizan a un color café oscuro.

Edad y Correlación.-

Esta unidad es la más reciente y se le asignó una edad de B1 y se sobrepone a todas las demás unidades.

IV.2.6 Reciente. - (Qal, Qre y Qla)

Litología.-

Estas unidades están constituidas por limos y arcillas depositados en ambientes lacustre (Qla), gravas, arenas y arcillas de origen residual (Qre) y aluviones compuestos por conglomerados, gravas, arenas limos y arcillas (Qal) de colores que van del gris claro, medio y oscuro al beige y rojizo.

Textura y estructura.-

Los componentes gruesos de los aluviones por lo general se observan con una redondez que va de subangulosa a bien redondeados, con tamaños de hasta 2 m de ϕ en las proximidades del maciso rocoso, disminuyendo rápidamente a unos 40 cm. promedio en los cauces estando mezclados en diferentes grados de tamaños, dando lugar a un conglomerado arenoso, arcillas arenosas, etc. con una consolidación nula.

Los materiales de los depósitos residuales no son mayores a 20 mm y en general muestran nula consolidación al igual que las arcillas.

En lo que se refiere a los depósitos lacustres, éstos presentan una textura arcillo-limosa con una compactación nula.

Edad.-

Se les asignó una edad del reciente aunque los depósitos lacustres y residuales pueden rebasar esta edad. Ya que estos depósitos no sólo se encuentran en las unidades más recientes, sino también en las unidades más antiguas

Distribución.-

Están distribuidas ampliamente en la zona de estudio aunque en general sus afloramientos son de reducidas dimensiones, los residuales cubren por lo general las partes altas.

Los depósitos aluviales están distribuidos en las hondonadas y valles, en general son los que se encuentran con mayor distribución en la zona.

Los depósitos lacustres se encuentran en la porción occidental de la zona de estudio.

IV.3.-TECTONICA

La Faja Volcánica Mexicana corresponde a una estructura que tuvo su actividad del Oligoceno al Reciente; dicha estructura presenta una orientación general dentro de la República Mexicana de Este a Oeste, debido al ángulo existente entre la FVM y la zona de subducción (Fosa Mesoamericana).

El marco geológico de la FVM ha propuesto una gran cantidad de modelos tectónicos para explicar su origen y evolución; a continuación se describen brevemente algunos de ellos:

Las primeras hipótesis sobre el origen de la FVM están relacionados a grandes fallas.

Humboldt (1867) propone un modelo para explicar las alineaciones en esta zona, aludiendo a una gran fractura cortical. Con el descubrimiento de la fractura Clarión dicha teoría revivió al proponer que el vulcanismo de la FVM representa la extensión continental de la dorsal del Pacífico Oriental (Menard, 1955; Mooser y Maldonado K., 1961; Aguilar y Verm, op. cit.).

Federico Mooser (1967) desarrolló un modelo indicando que la FVM representa una antigua geosutura de posible edad Paleozoica y, marca la unión entre dos antiguos bloques cratónicos, uno meridional y otro septentrional; menciona que la formación de los magmas debajo de esta geosutura se debe a un calentamiento diferencial de la corteza terrestre. dicha debilidad cortical se puede explicar como una zona de fallas de tensión continental, en su primera fase de evolución, esto es con la ascensión de la astenosfera debajo de ella (Demant, 1960).

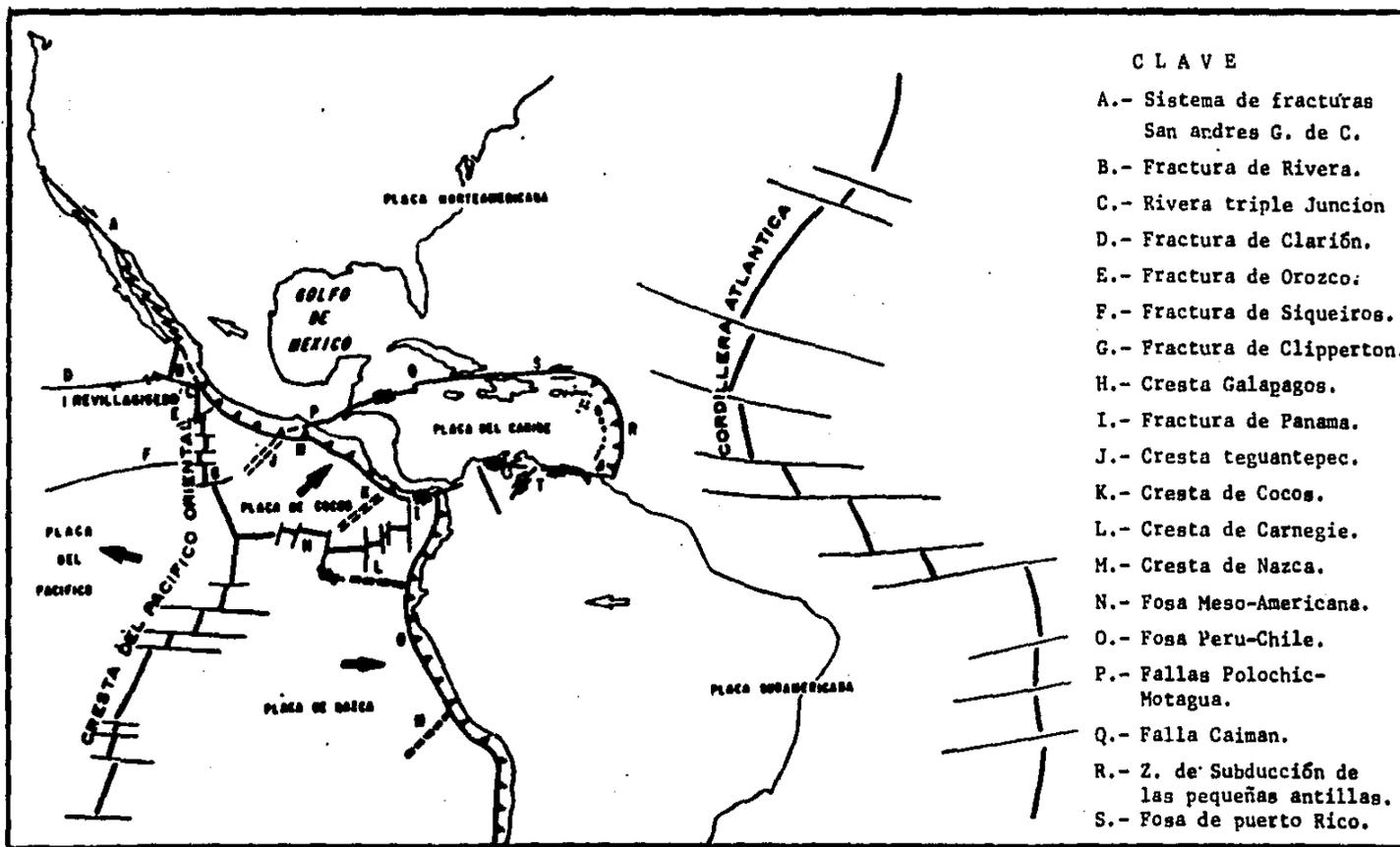
Para Gastil y Jensky (1973) la FVM la consideran como la prolongación continental del sistema de fallas de transformación del Golfo de California, por lo que suponen la existencia de movimientos horizontales dextrales debajo de la parte Occidental de la FVM.

A raíz de la Tectónica de Placas otras hipótesis han sido propuestas para explicar el origen de la FVM, basándose en el proceso de subducción entre las placas de Cocos y Norteamericana principalmente. La falta de paralelismo entre el Arco Volcánico Continental y la zona de subducción ha originado la creación de diferentes modelos; así Urrutia y Del Castillo (1977), atribuyen la falta de paralelismo al ángulo diferente con que la Placa se subduce bajo el continente. La placa estaría así fragmentada, cada parte de ella entraría con distintos ángulos de subducción. También consideran que los fragmentos más occidentales entran a menor velocidad que los más orientales, por otra parte, desde el extremo noroeste al extremo sureste de la trinchera de la Placa de Cocos se vuelve más densa, menos caliente y menos joven, así como de mayor espesor y rigidez.

Demant (1978), determina el origen en base a dos mecanismos; uno consiste en la progresión de la fosa de Acapulco desde el Oligoceno, con respecto al desplazamiento hacia el oeste de la Placa Norteamericana, y el otro, que se refiere a las modificaciones ocurridas en el Mioceno Tardío por la cordillera del Pacífico Oriental, las cuales fueron paralelas al cambio de rotación de la Placa de Cocos inducida por ellas; además menciona que dicha Placa se hunde de manera oblicua en México, siendo ésta muy joven, de poco espesor y de mayor temperatura, formando las zonas de subducción de América Central. También determina que la disposición de los volcanes se debe a la influencia de los esfuerzos tectónicos de la porción sur de la Placa Norteamericana, como consecuencia del movimiento de ésta y la Placa Caribeña, que aún actúa a lo largo de las fallas Polochic-Motagua-Fosa Caymán (fig. 4.3.1), dando como resultado que los estratovolcanes se encuentren orientados perpendicularmente a los esfuerzos máximos, en tanto que los pequeños volcanes se alinean sobre fallas de tensión.

Por su orientación con respecto a la Fosa de Acapulco, Demant (1978), opina que el origen de los magmas andesíticos del Eje Neovolcánico Transmexicano, son debidos a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Norteamericana (fig. 4.3.1).

Venegas et al. (1983) sugieren que a finales del Oligoceno y principios del Mioceno, la Dorsal Pacífico Este chocó con la Placa Norteamericana cambiando así el régimen distensivo (producto de una reorientación de la Placa Farallón) a un régimen extensivo producto de una reorientación mayor en la Tectónica de Placas del Pacífico como consecuencia del fin del evento volcánico Sierra Madre Occidental y el inicio de un nuevo sistema volcánico llamado Faja Volcánica Mexicana.



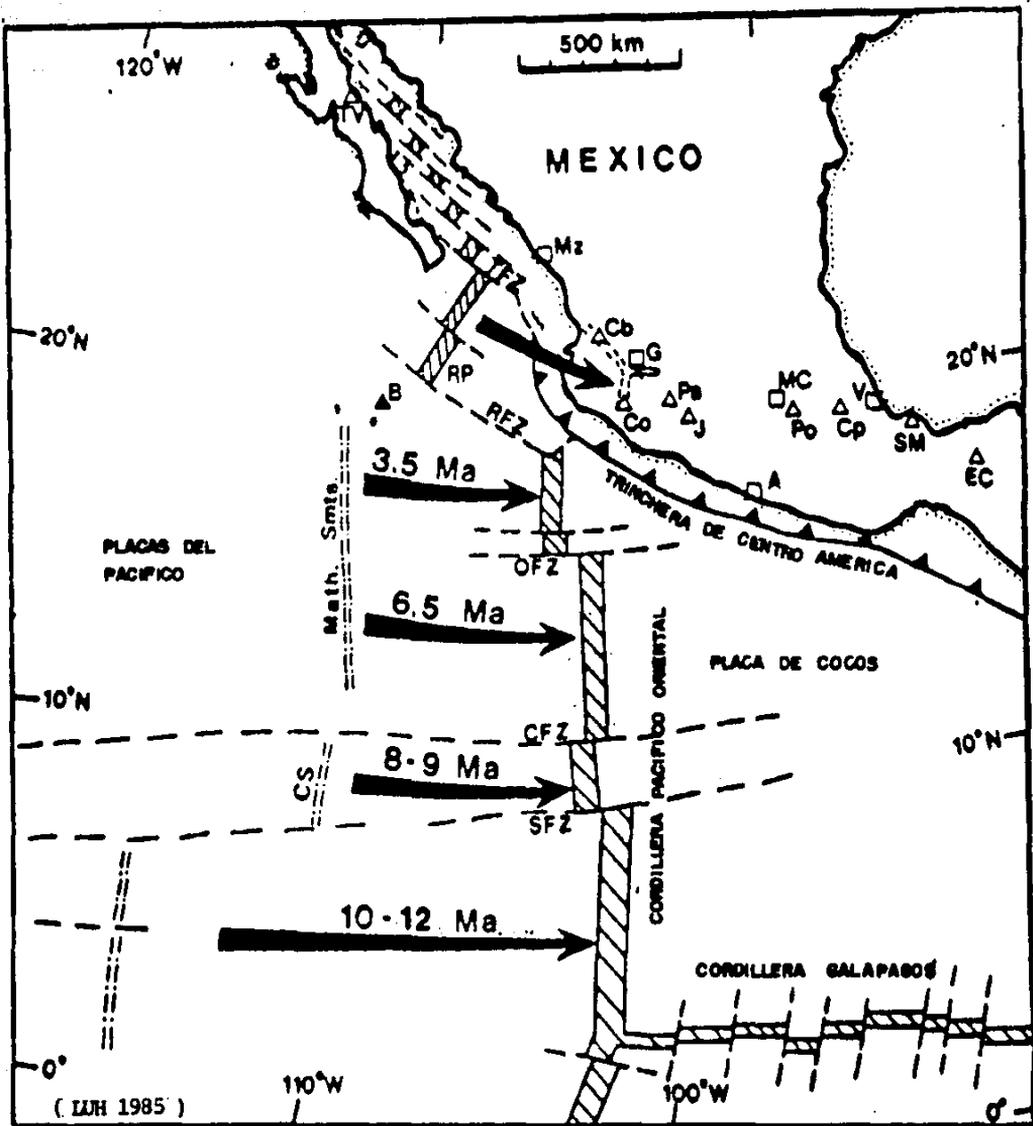
4.3.1 TECTONICA DEL CARIBE Y DEL PACIFICO CENTRAL-ORIENTAL.

Existen otros modelos para explicar el origen de la Faja Volcánica Mexicana relacionados con un rompimiento cortical, en donde Shurber y Cebull (1984 en Aguilar y Verma, op. cit.) proponen que la Faja Volcánica Mexicana es el límite Norte no desarrollado completamente, quizá abortado de una microplaca en desarrollo, dándole un poco de independencia a los procesos de subducción. Robin (1976 y 1982 en Aguilar y Verma op. cit.) propone un rompimiento continental a lo largo de la Planicie Costera del Golfo de México, que junto con los procesos de subducción a lo largo de toda la provincia, ha dado lugar al vulcanismo de la parte Oriental de la Faja, producto de la fusión parcial del manto superior y escasa contribución sílica.

Por último Allan (1984) y Luhr (1985) establecen que la Dorsal Pacífico Este ha venido experimentando un salto hacia el Este a través de fallas transformes desde los últimos 2 M.A. y que un nuevo salto se está llevando a cabo actualmente y un nuevo segmento de la Dorsal Pacífico Este, se está formando en la que es un punto triple definido por los Grabenes de Tepic Colima y el de Chapala; así sugieren el inicio de un Rift Continental.

De este modo, la Placa Rivera terminará de subducirse y la porción Oeste de la Faja Volcánica Mexicana se le anexaría formando ahora una sola placa que se movería hacia el Norte a lo largo de la Margen Pacífica como ha sucedido desde el Mioceno con la Península de Baja California.

Actualmente la mayoría de los autores están a favor de la existencia de un mecanismo de subducción a lo largo de la Faja Mesoamericana o de Acapulco, que explica la posición oblicua de la Faja Volcánica Mexicana con respecto a la Fosa, proponiendo formas geométricas distintas para la placa de hundimiento.



MAPA GENERALIZADO DE MEXICO Y LA REGION CIRCUM-PACIFICA CON RASGOS TECTONICOS

Cordilleras submarinas de expansión

----- Zonas de fracturamiento

- | | |
|-----|------------------------------------|
| TFZ | Zonas de fracturamiento Tamayo |
| ZFR | Zona de fracturamiento Rivera. |
| OFZ | Zona de fracturamiento Orozco. |
| CFZ | Zona de fracturamiento Clipperton. |
| SFZ | Zona de Fracturamiento Siqueiro. |
| □ | Ciudades principales. |
| MZ | Mazatlán |
| G | Guadalajara. |
| MC | Ciudad de México. |
| A | Acapulco. |
| V | Veracruz. |



- | | |
|----|--|
| ▶ | Desplazamiento de los tramos que forman La cordillera oriental del pacifico. Cordones montañosos anteriores. |
| △ | Volcanes historicamente activos en México |
| TV | Tres virgenes. |
| B | Barcena. |
| Cb | Ceboruco. |
| Co | Colima. |
| Pa | Paricutín. |
| J | Jorullo. |
| P | Popocatepetl. |
| Cp | Citlaltepetl. |
| Ec | El chichonal. |

FIG. 4.3.2

CAPITULO V.- GEOFISICA

V.1.- FUNDAMENTOS

La aplicación de los métodos geoelectricos exige el conocimiento de las propiedades electromagnéticas de las rocas y los mineales que lo constituyen, los cuales se expresan fundamentalmente por medio de tres magnitudes físicas: la resistividad eléctrica (o su inversa, la conductividad), la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética.

El método eléctrico de resistividad tiene una aplicación muy útil, encaminada a la prospeccion de agua subterránea. El método antes mencionado es el más adecuado para este tipo de investigación, ya que el único parámetro físico que permite "apriori" diferenciar netamente una roca seca de una roca impregnada de agua, es la conductividad eléctrica de la misma.

Se define a la reistividad eléctrica como una propiedad intrinseca de las rocas, que permite cuantificar la oposición que manifiestan al paso de una corriente eléctrica. Entonces por física elemental, se obtiene que la resistividad eléctrica "R" de un conductor alargado "L" y homogéneo de sección transversal "A" esta dado por la fórmula:

$$R = \rho L / A \text{-----} \quad (1)$$

Sabemos por la ley de Ohm que:

$$R = \Delta V / I \text{-----} \quad (2)$$

Sustituyendo (1) en (2) :

$$\Delta V / I = \rho L / A \quad \rho = (A / L) (V / I)$$

Entonces :

$$\rho = F_{\rho} (\Delta V / I)$$

Donde:

" ρ " es un parámetro que depende de la naturaleza y estado físico del cuerpo considerado, el cual se denomina resistividad.

"F" es un factor geométrico que depende de la longitud y sección del material conductor.

La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el OHM-METRO ($\Omega \cdot m$), mientras que su inverso, es la conductividad, que viene dado por la fórmula:

$$\sigma = 1 / \rho$$

y tiene unidades de OHM-METRO.

Un conjunto de electrodos recibe el nombre de dispositivo electródico. En general consta de cuatro electrodos, dos de ellos "A" y "B", por los que circula corriente y los otros "M" y "N", entre los cuales se mide la diferencia de potencial creada por las corrientes circulantes entre "A" y "B"; estos van unidos por medio de cables a un generador eléctrico provisto con un amperímetro. Los electrodos "M" y "N" análogamente van unidos a un milivoltímetro capaz de medir la diferencia de potencial entre ellos, obteniéndose así dos circuitos independientes.

En cualquier dispositivo, si conocemos las distancias mutuas entre electrodos y medimos la intensidad de corriente (I) que pasa por los electrodos "A" y "B" y la distancia de potencial (ΔV), que como consecuencia aparece entre "M" y "N"; podemos calcular la resistividad aparente (ρ_a), mediante una fórmula del tipo:

$$\rho_a = K \Delta V / I$$

El tipo de arreglo utilizado en los perfiles fue el SCHLUMBERGER, con aberturas medias entre los electrodos de corriente de 1040 m, lo que permitió tener una profundidad de investigación real promedio de 400 m. La particularidad de este arreglo es que sus cuatro electrodos estan alineados en tal forma, que lo extremos corresponden a los de corriente y los centrales a los de potencial, guardando la siguiente relación :

$$AB \gg 5 MN$$

Por lo que se puede ir incrementando la distancia A y B y dejar fijos los de potencial, como se muestra en la fig.5.2.

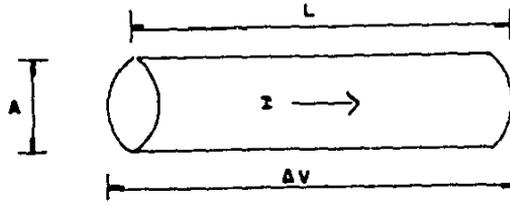
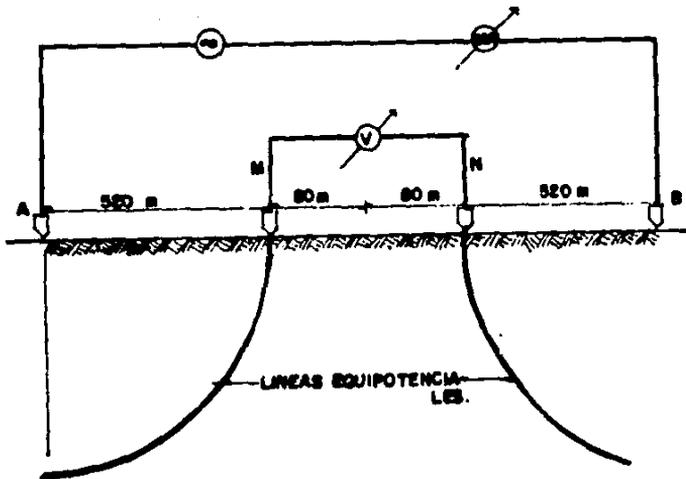


FIGURA 5.1 RESISTIVIDAD.



ARREGLO TIPO SCHLUMBERGER

FIGURA 5.2

V.2 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO EMPLEADO.

El equipo utilizado en la obtención de los datos de campo, lo constituyó un equipo de recepción o resistivímetro modelo RESU-688, un motor generador acoplado a un transmisor modelo TRSU-2.5 K.W, cuatro carretes con sus respectivos cables, cuatro electrodos metálicos de cobre y tres radios para comunicación.

El resistivímetro es liviano y de fácil manejo, presenta pantalla digital con alta legibilidad donde se pueden observar valores de voltaje de las baterías; de potencia natural y de voltaje primario. Es de alta precisión, las escalas permiten leer desde varias decenas de volts a fracciones de milivolts, con resolución de hasta 0.1 milivolts. Presenta un sistema de compensación para el potencial natural del terreno y tiene la impedancia de entrada de 10 mega-ohms.

V.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION GEOELECTRICA.

Los datos geofísicos, para este trabajo fueron tomados de los estudios realizados por la compañía EXYCO S.A. y reinterpretados por los suscritos para la presente tesis.

Para la reinterpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales, se graficaron nuevamente los datos de campo, sobre un papel doble logarítmico, donde figura en el eje de las abscisas el semiespaciamiento entre los electrodos de corriente $AB/2$ en metros y sobre el eje de las ordenadas la resistividad aparente calculada.

La interpretación e integración final de los Sondeos Eléctricos Verticales puede realizarse de la siguiente forma: se presenta en una sección cuantitativa o geoelectrica que permite obtener los valores resistivos, a partir de los cuales se procede a realizar la correlación geofísica-geológica, para finalmente enmarcar las unidades tomando como base sus características geoelectricas.

Posteriormente se llevó a cabo un procesamiento eléctrico, consistente en utilizar un programa de computadora (Zhody).

Conviene hacer la observación de que los métodos eléctricos y electromagnéticos son sensibles a heterogeneidades laterales, siendo difícil cuantificar su magnitud. Sin embargo se realizó un suavizado manual a las curvas de resistividad aparente con el fin de reducir la influencia de estos efectos laterales.

Dentro de la literatura geofísica existen diversas obras que tratan el pro y el contra de las diferentes técnicas de interpretación existentes, en algunas de estas obras (Orellana, 1982), se concluye que dentro de los métodos de interpretación, aquellos que emplean las curvas de Dar Zarrouk (CDZ) son los que presentan menor ambigüedad en la solución, dadas las propiedades de las curvas.

Contando con las gráficas de resistividad aparente construídas, se realizó un muestreo de seis valores por ciclo logarítmico. estos valores se emplearon como entrada para un programa de inversión, ideada por Zhody; como salida del Programa se obtuvieron los espesores y resistividades del corte geoelectrico.

En el programa de interpretación propuesto por A. Zhody se realizaron algunas modificaciones, de tal manera que proporcione un corte geoelectrico final con el mínimo número de capas para lograr un buen ajuste entre la curva observada (Rao) y la curva calculada (Rac).

V.4 SECCIONES GEOFISICAS Y SU INTERPRETACION

Una vez que los datos fueron procesados, se realizó la etapa interpretativa.

La primera parte consistió en efectuar una interpretación cualitativa, para lo cual se analizaron los perfiles de resistividad aparente (PRA); dichos perfiles proporcionan una buena idea de las unidades geoelectricas presentes en el área de estudio, así como de discontinuidades laterales entre ellas.

TABLA DE UNIDADES GEOELECTRICAS INTERPRETADAS

UNIDAD	RESISTIVIDAD	OHM-M	ESPESOR (M)
1	5- 4600	-----	HASTA 50
2a	100- 2500	-----	20- 80
2b	10- 750	-----	15-150
3a	320- 4100	-----	50 a más de 400
3b	2300- 7100	-----	40 a más de 300
4	800- 8000	-----	100 a más de 400
5a	10- 700	-----	Indeterminado
5b	500-	-----	Indeterminado

La unidad 1.- se caracteriza por presentar resistividades que van de 5-4600, corresponde a las capas más superficiales. esta unidad es la que presenta el rango más alto de variación en las resistividades, debido a que está formada por materiales muy heterogéneos. Normalmente se encuentra cubriendo al resto de las unidades, con espesores de hasta 60 mts..

La unidad 2.- se subdivide en dos subunidades 2a y 2b, la primera presenta resistividades del orden de 100 - 2500 y espesores de hasta 300 mts; por su parte la subunidad 2b tiene valores de resistividad de 10 - 750, con espesores de 350 mts.

La unidad 3.- también esta dividida en 3a y 3b, la subunidad 3a presenta resistividades de 320 - 4100 con espesores de 525 mts.y la subunidad 3b muestra resistividades de 2300 - 7100 y espesores de 540 mts.

La unidad 4 muestra las resistividades más altas que van de 800 - 8000 y espesores de 510 mts..

Por último la unidad 5 se encuentra dividida en dos subunidades 5a y 5b, la primera tiene resistividades del orden de 10 - 700, y espesores indeterminados y la segunda presenta resistividades de 500 - y espesores indeterminados

V.5 CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE LOS PERFILES GEOFISICOS

Una vez definidas las unidades geoelectricas se pretende dar a continuación una descripción de las particularidades mas representativas de los perfiles geofisicos.

Perfil A-A'

Este perfil comprende 7 sondeos electricos verticales (1,2,3,4,5,6 y 7) realizados entre Cheran y Nahuatzen, con una extensión de 6.3 Km y orientación N-S.

Este perfil presenta una discontinuidad geoelectrica entre el SEV-4 y SEV-5, poniendo en contacto la unidad IIIa con la unidad IV. Las unidades presentes en este perfil son las siguientes: I, IIa, IIIa, IV, Va y Vb.

Perfil B-B'

Este perfil se forma de 3 SEV. (9, 11, 19, 20, 21, 22, 23 y 24) realizados al Norte de Nahuatzen con una extensión de 8.9 Km, y una orientación aproximada de N-S. Cruza la línea D-D' en el sondeo 9, a la línea E-E' en el sondeo 11, a la línea F-F' en el sondeo 20, a la línea C-C' en el sondeo 23 y a la línea G-G' en el sondeo 24. las unidades que se presentan en esta sección son : I, IIa, IIb, IV y Va.

Perfil C-C'

A este perfil lo constituyen 6 sondeos (14, 16, 17, 2, 23 y 25) este se realizó al SW de Nahuatzen con una longitud de 8.1 Km. y una orientación NW-SE. Esta sección cruza a los perfiles E-E', G-G', A-A', B-B' en los sondeos : 14, 16, 2 y 23 respectivamente. En este perfil se puede observar una pequeña discontinuidad geoelectrica poniendo en contacto las unidades IIa con IIb. Las unidades que se presentan en esta seccion son : I, IIa, IIb, IIIa, IV y Vb.

Perfil D-D'

Este perfil esta compuesto por 3SEV (6, 8 y 9) y fue realizado al NE de Cherán con una extensión de 3 Km y una orientación de SW-NE.

Este perfil pone en contacto la línea A-A' con el sondeo 6 y a la línea B-B' con el sondeo 9. Las unidades expuestas en este perfil son: IIIa, IIIb y IV.

Perfil E-E'

Se constituye de 6 SEV (10, 11, 12, 5, 13 y 14) fue realizado al Este de Cherán con una extensión de 5.6 Km. con una orientación SW-NE. Cruza a la línea C-C' en el sondeo 14, a la línea A-A' en el sondeo 5, y a la línea B-B' en el sondeo 11.

Presenta una discontinuidad geoelectrica poniendo en contacto a las unidades IIIa con la Va. En este perfil se presentan las unidades: I, IIa, IIIa, Vb y Va.

Perfil F-F'

Esta constituido por 4 SEV. (31, 4, 18 y 20) y fue realizado al este de Cherán, tiene una extensión de 2.9 Km. con una orientación E-W. Cruza a las líneas: E-E', A-A' y B-B' en los sondeos 13, 4 y 20 respectivamente.

Presenta dos discontinuidades geoelectricas, la primera pone en contacto a la unidad IIIa con IV y la segunda pone en contacto a la unidad IV con Va.

Perfil G-G'

Este perfil esta constituido por 9 SEV. (26, 31, 41, 16, 42, 43, 1, 44 y 24), fue realizado al SW de Cherán y tiene una extensión de 8.6 Km, y una orientación de NW-SE.

El perfil pone en contacto a la línea K-K' y H-H' en el sondeo No. 26, a la línea I-I' en el sondeo No. 31, a la línea A-A' en el sondeo No. 1 y por último a la línea B-B' en el sondeo No. 24.

Este perfil presenta una discontinuidad que pone en contacto a las unidades IIIa y IV. Las unidades que se presentan en este sondeo son: IIb, IIIa, IIIb y IV.

Perfil H-H'

Esta constituido por 2 SEV. (26 y 32), realizado al Este de Cheranastico con una longitud de 0.9 Km. y una orientación E-W. El perfil pone en contacto a las líneas G-G' y K-K' en el sondeo No. 26.

Las unidades que se presentan en este sondeo son: I, IIb y IIIa.

Perfil I-I'

Este perfil se forma de 3 SEV (30, 27 y 31), se realizo a SE de Cheranastico, presenta una longitud de 1.9 Km con una orientación E-W. La sección se pone en

contacto con la línea J-J' en el sondeo No. 30, a la línea K-K' en el sondeo No. 27 y por último a la línea G-G' en el sondeo No. 31.

Las unidades geoelectricas que se presentan en esta sección son la IIa y la I.

Perfil J-J'

Lo componen 4 SEV (46, 29, 28 y 30) y fue realizada al SE de Cheranástico, tiene una longitud de 2.5 Km y una orientación N-S. Este perfil se pone en contacto con el I-I' y K-K' en los sondeos No. 30 y 28 respectivamente. Las unidades presentes en el perfil son: I, IIa, IIb, IIIb y IV.

Perfil K-K'

Lo constituyen 3 SEV. (26, 27 y 28), se realizó al SE de Cheranástico con una longitud de 1.9 Km. una clara orientación SW-NE, cruza a las líneas G-G' y H-H' en el sondeo No.26, I-I' en el sondeo No. 27 y J-J' en el sondeo No. 28.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb, IIIa y Va.

Perfil L-L'

Constituido por 2 SEV. (40 y 39), se realizó al NE de Aranza con una longitud total de 0.5 Km. y una orientación N-S. Este perfil se encuentra aislado de los demás. Las unidades presentes son IIIa y IV.

Perfil M-M'

Constituido por 2 SEV. (33 y 34), se realizó al S de Tanaco con una longitud total de 1.4 Km. y una orientación SW-E. Este perfil se encuentra aislado de los demás. Las unidades presentes son I, IIa, IIb y IIIb.

Perfil N-N'

Lo constituyen 2 SEV. (36 y 37), se realizó al SW de Nurio con una longitud de 0.7 Km. una clara orientación NW-SE, al igual de los anteriores se encuentra aislado de los demás.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb y IIIa

Perfil O-O'

Lo constituyen 3 SEV. (51, 52 y 53), se realizó al W de Nahuatzen con una longitud de 1.2 Km. una clara orientación SW-N, cruza a las líneas G-G' en el sondeo No.50 y P-P' en el sondeo No.51, Presenta una discontinuidad geoelectrica poniendo en contacto a las unidades IIa y IIIa.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIa, IV y Va.

Perfil P-P'

Lo constituyen 3 SEV. (49, 48 y 51), se realizó al W de Nahuatzen con una longitud de 1.3 Km. una clara orientación NW-SE. cruza a las líneas G-G' en el sondeo No.49 y O-O' en el sondeo No.51,

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIa, IIIb y Va.

Perfil Q-Q'

Lo constituyen 3 SEV. (55, 53 y 56), se realizó al SW de Cheranástico con una longitud de 1.5 Km. una orientación N-S , cruza a las líneas R-R' en el sondeo No.55 y S-S' en el sondeo No.56,

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIa, IIIb, IIIa y Va.

Perfil R-R'

Lo constituyen 4 SEV. (55, 54, 57 y 39), se realizó al N de Aranza con una longitud de 2.8 Km. una orientación NW-SE , cruza a las líneas Q-Q' en el sondeo No.55 , S-S' en el sondeo No.54 y la línea L-L' en el sondeo 39.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb y IIIa.

Perfil S-S'

Lo constituyen 3 SEV. (56, 54 y 58), se realizó al SW de Cheranástico con una longitud de 1 Km. una orientación SW-NE , cruza a las líneas Q-Q' en el sondeo No.56 , R-R' en el sondeo No.54.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb, IV y Va.

Perfil T-T'

Lo constituyen 2 SEV. (78 y 80), se realizó al N de Uruapan con una longitud de 1.5 Km. una orientación N-S , cruza a las líneas U-U' en el sondeo No.78 .

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb, IIIa y Vb.

Perfil U-U'

Lo constituyen 3 SEV. (78, 79 y 81), se realizó al N de Uruapan con una longitud de 1.5 Km. una orientación NW-SE , cruza a las líneas T-T' en el sondeo No.78 Presenta una discontinuidad geoelectrica en el sondeo 78. poniendo en contacto a las unidades IIa y IIIb.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIb, IV, Va y Vb.

Perfil V-V'

Lo constituyen 3SEV. (93,94 y 91), se realizó al N de Corupo con una longitud de 2.2 Km. una orientación S-N, este perfil se encuentra aislado.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIa, Va y Vb.

Perfil X-X'

Lo constituyen 3 SEV. (83, 84 y 86), se realizó al NE de Sn. Juan Tumbio con una longitud de 2.7 Km. una orientación SW-NE , cruza a las líneas Y-Y' y Z-Z' en el sondeo No.84 .Presenta una discontinuidad geoelectrica en el sondeo 78. poniendo en contacto a las unidades IIa y IIb con la unidad Vb.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb, Va y Vb.

Perfil Y-Y'

Lo constituyen 3 SEV. (85, 84 y 87), se realizó al NE de Sn. Juan Tumbio con una longitud de 2.8 Km. una orientación SW-NE, este perfil se cruza con los perfiles X-X' y Z-Z' en el sondeo No.84.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIb, IIIa, Va y Vb.

Perfil Z-Z'

Lo constituyen 4 SEV. (90, 94, 84 y 88), se realizó al N de Sn. Juan Tumbio con una longitud de 3.8 Km. una orientación NW-SE, este perfil se cruza con los perfiles X-X' y Y-Y' en el sondeo No. 84.

En este perfil se observan las unidades I, IIa, IIIa y Va.

CAPITULO VI. HIDROGEOLOGIA

VI.1 CENSO DE APROVECHAMIENTOS

Con el fin de actualizar el censo de La Meseta Tarasca, se recorrió el área de estudio, localizando pozos, norias y manantiales. Lo anterior se llevó a cabo con ayuda de las cartas topográficas escala 1: 50 000 del INEGI y la recopilación de la información de planos de localización de estudios previos realizados por EXYCO S.A. (1988), durante el trabajo de campo se visitaron en su totalidad las captaciones, para actualizar el censo y corroborar dicha información.

En los recorridos de campo que se llevaron a cabo, se hicieron encuestas a los usuarios para determinar las características de descarga, operación, propietario, uso, etc. cuya información se ilustra en la tabla 6.1.1

Los manantiales censados en La Meseta Tarasca presentan un régimen continuo de escurrimiento todo el año. Los que tienen mayor caudal se encuentran principalmente en los alrededores de la Meseta y los de menor caudal se pudieron observar dentro de la misma.

Con respecto a las norias, se pudo observar que las profundidades son menores a los 20.00 m. como las de Nahuatzen y Quinceo teniendo diámetros muy diversos que van de 1.50 a 3.00 m.

En base a este censo de actualización se reconocieron un total de 14 pozos, 12 manantiales y 4 Norias. Cabe mencionar que los manantiales y norias que se censaron fueron los que tienen mayor importancia y caudal.

En el plano No. 2 se puede observar la localización de los aprovechamientos de agua subterránea, notándose que la mayoría se encuentran aislados y son muy pocos.

VI.1.1 POZOS PROFUNDOS.

Uno de los problemas más graves que desde algún tiempo se presentan en La Meseta Tarasca como se mencionó anteriormente es la escasez de agua, debido a la dificultad de extraerla del subsuelo; se han realizado varias perforaciones pero la mayoría con resultados negativos, sin embargo las que han resultado productivas han aportado un caudal muy pequeño comparado con la demanda que exige la región.

En la tabla 6.1.1 se consignan todos los aprovechamientos existentes en la zona, asignandoseles un número progresivo, además de señalar : elevación (m.s.n.m.), profundidad (m), gasto (lt/seg.), nivel estático (m), nivel dinámico (m), y año de perforación. En algunos casos no fue posible obtener toda la información, por tal razón aparecen espacios vacíos en la tabla.

La ubicación de los pozos se presenta en el plano No. 2 observandose que sólo los pozos Cheranastico, Nurio, Tanaco, Nahuatzen I y II, Cheran fueron perforados dentro de la cuenca, mientras que los demás se encuentran en los bordes de la misma, notese que los pozos Tanaco, Nurio, Cheranastico y las Pajas aportan buenos caudales de agua que van desde los 10 a los 72 Lt/seg.

VI.1.2.- MANANTIALES

Dentro de la meseta existen una gran cantidad de manantiales que no tienen mucha importancia, debido a que poseen gastos muy pequeños, pero aún con eso, la mayoría de éstos son utilizados por los pobladores de la zona.

Sin embargo en los bordes de La Meseta Tarasca, se encuentran también varios manantiales con un gran caudal la mayoría de ellos, se puede observar en el plano topográfico que casi todos se encuentran por debajo de la cota 2000, lo que nos da una evidencia de que el agua que precipita en La Meseta, se infiltra casi en su totalidad y viene a salir a través de los manantiales que se encuentran en los bordes de la misma, como ya se había mencionado.

A continuación se presentan en la tabla 6.1.2 los resultados del censo de manantiales, en donde se indican los siguientes datos: elevación (m.s.n.m.), gasto promedio (estimado ya que era difícil su aforo por no definirse los puntos de salida específicos), tanto en los manantiales dentro de la meseta como en los de sus alrededores.

VI.1.3.- NORIAS

En La Meseta Tarasca existe un gran número de norias, que como ya se comentó, sólo fueron censados los de mayor caudal.

Estas norias se abastecen de aguas freáticas ya que se encuentran a poca profundidad del nivel del suelo, esto es entre los 3.00 y 15.00 m.

Estas norias se encuentran en las poblaciones o cercanas a ellas, ya que por la falta del líquido viene a ser el único medio de abastecimiento en muchas poblaciones de la zona. En la tabla 6.1.3, se presentan los resultados de los censos, en donde se indica: su elevación (m.s.n.m.), y la profundidad.

VI.2 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

En base a los estudios geológicos realizados en La Meseta Tarasca, y utilizando las cartas topográficas del INEGI escala 1:50 000, fotografías aéreas verticales de la misma escala, así como los reconocimientos de campo, se estableció el marco hidrogeológico de la cuenca.

Utilizando las fotografías aéreas verticales (vuelo alto), fue posible definir el área de estudio, los contactos de las diferentes unidades estratigráficas aflorantes en La Meseta Tarasca, así como en sus alrededores. La información que se obtuvo fue transferida en el plano base, para efectuarse las verificaciones en el campo, confirmando además las características cualitativas de permeabilidad en los diferentes materiales de las unidades estudiadas.

En base a la información existente, a la geología de campo y gabinete, se realizó un plano hidrológico de La Meseta Tarasca, como se manifiesta en el plano No. 2

Las unidades litológicas aflorantes en el área de estudio son: depósitos aluviales, depósitos residuales, depósitos lacustres, tobas basálticas, basaltos, andesita y materiales piroclásticos.

Tabla 6.1.1

CENSO DE POZOS PROFUNDOS

No.	NOMBRE	ELEVACION (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	GASTO (l /seg.)	NIVEL ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	AÑO DE PERFORACION
1.-	TAMACO	2120	143	62	115		
2.-	MURTO	2110	156	72	66	87	1982
3.-	STA. RA. ZIROSTO	1990	121	25			1982
4.-	MURETO	2410		3			
5.-	STA. RA. MUIRAMANGARO	2236		18			
6.-	ARANPELIA		150				
7.-	PARACHO		150				
8.-	HANMATZEN I		73	seco			1973
9.-	HANMATZEN II		50	3	6.7	44.63	1973
10.-	SAN FCO. PERIBAN I	1565		40			
11.-	SAN FCO. PERIBAN I I	1610		10			
12.-	CNERASTICO		192	60	102		1989
13.-	CHARAN IV		200	32	161.75		1989
14.-	LAS PAJAS		200	65	112		1989

TESTIS PROFESIONAL

Tabla 6.1.2
Censo de Manantiales

Numero	Nombre del Manantial	Elevacion m.s.n.m.	Gasto lt/seg
1.-	Rodilla del diablo	1700	2000
2.-	La Alberca	1990	400
3.-	San. Juan Nuevo.	1900	180
4.-	Zipicha	1980	170
5.-	La Majada	1510	2000
6.-	Tarecuaro	1920	
7.-	Queranguaro	1980	
8.-	Camecuaro	2050	3
9.-	Chilchote	1730	600
10.-	Carapan	1810	1000
11.-	Morelos	2010	280
12.-	Zacapu	2030	20

Tabla 6.1.3
Censo de Morias

Numero	Nombre del Manantial	Elevacion m.s.n.m.	Nivel Estético
1.-	Nahuatzen	2330	3.00
2.-	Quinceo	2350	6.50
3.-	San. Isidro	2700	9.00
4.-	Sta. Ma. Naranjero	2230	6.50

Por sus características hidrogeológicas, se pueden considerar como unidades permeables a los depósitos aluviales, depósitos residuales, materiales piroclásticos y algunos basaltos fracturados los cuales pueden actuar como almacenadoras.

Las unidades restantes son consideradas de semi-permeables a impermeables, debido a que se encuentran algunas de ellas como sello o barreras del agua subterránea y por no presentar las características necesarias de permeabilidad para su explotación

VI.3 MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

Para tener un buen concepto de un modelo hidrogeológico de la Meseta Tarasca, es necesario contar con todas las características cualitativas de la zona de estudio como pueden ser: la litología en el subsuelo y la geología, así como las condiciones químicas del agua almacenada para poder definir su funcionamiento hidrogeológico conforme el régimen de carga y descarga que presente.

El objetivo de este modelo es tener un marco de referencia para apoyar la definición de los sitios favorables para la acumulación de agua subterránea. Este modelo hidrogeológico conceptual no pretende resolver todo el problema, pero sí dar una idea de la situación que impera en el área.

Se debe hacer mención que el subsuelo del área es muy complejo y no se conoce con certeza la situación geológica-estructural que pueda controlar las condiciones del nivel estático.

En el área de estudio se localizaron dos acuíferos uno somero en material aluvial y depósitos residuales y otro profundo localizado en basaltos y material piroclástico. El acuífero somero es explotado por norias con niveles estáticos medios de 4.00 a 8.00 mts., la formación de este acuífero es debido a variaciones verticales de permeabilidad. El acuífero profundo está constituido principalmente por basaltos con material piroclástico, donde el basalto en superficie se encuentra muy fracturado, encontrándose de igual forma a 200 m de profundidad promedio ocasionando una permeabilidad secundaria; para el caso de material piroclástico la permeabilidad que presenta es de alto grado.

La recarga al acuífero se realiza por medio de las precipitaciones pluviales infiltrándose de manera casi instantánea en el subsuelo a través de los pequeños valles intermontanos.

Las descargas se llevan a cabo por medio de manantiales que se encuentran en los bordes de la Meseta Tarasca principalmente y en menor cantidad por medio de pozos.

Este modelo se concluyó en base a los resultados hidrogeoquímicos, donde se indica que el agua es de reciente infiltración, así como las bajas cantidades de evapotranspiración que así lo indican; otra de las causas fue que las elevaciones de descarga de los manantiales esta sujeta a una altura promedio de 1800 m.s.n.m.

CAPITULO VII.- HIDROGEOQUIMICA

VII.1.- MUESTREO Y ANALISIS.

Con el objeto de efectuar el estudio hidrogeoquímico del agua subterránea de la Meseta Tarasca, se llevó a cabo un muestreo y análisis de 17 aprovechamientos, en los cuales se incluyen manantiales, pozos y norias. La información se integró con la que se obtuvo en el año de 1988 por la compañía EXYCO S.A.; teniendo un total de 24 aprovechamientos muestreados, cuya información se muestra en el plano No. 2.

Basandonos en la distribución de aprovechamientos en el área, se llevó a cabo un muestreo selectivo de agua en 17 manantiales, 5 pozos y 2 norias, dicho muestreo se realizó usando frascos de polietileno de un litro de capacidad; la toma fue directa para todos los tipos de aprovechamientos y los frascos fueron debidamente etiquetados para su identificación, posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis químico, determinandose la conductividad, residuo seco, dureza total, alcalinidad y pH, se calcularon además los sólidos totales disueltos; en lo que respecta a los aniones se determinaron los bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos.

Los cationes obtenidos fueron: sodio, potasio, calcio y magnesio.

En la tabla 7.1.1 se pueden observar los resultados del análisis antes mencionado, que se llevó a cabo en el laboratorio de la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica en la Dirección de Proyectos de Tratamiento de Agua.

VII.2.- CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA.

Para el análisis de las características hidrogeoquímicas del acuífero se contó con información recopilada en el año de 1988.

En la tabla 7.1.1 se muestra un resumen de los resultados de los análisis químicos practicados en las muestras de agua tomadas en la zona, en la cual se observan los parámetros pH, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, sólidos totales disueltos y dureza total.

A continuación se hará una breve descripción de las concentraciones principales de los resultados.

TABLA 7.1.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS

No.	MAMANTIALES	Conductividad Electrica µMHOS/CM	Dureza Total p.p.m.	S.T.O. p.p.m.	C A T I O N E S			A N I O N E S		
					Ca p.p.m.	Mg p.p.m.	Na p.p.m.	HCO3 p.p.m.	Cl p.p.m.	SO4 p.p.m.
1.-	Rodilla del diablo	575.00	77.00	431.00	27.00	50.00	10.00	128.00	12.00	4.00
2.-	Sn Juan Nvo.	100.00	77.00	75.50	27.00	50.00	0.00	110.00	12.00	6.00
3.-	La Alberca	256.00	50.00	192.00	16.00	34.00	13.00	73.00	14.00	6.00
4.-	Zipicha	475.00	185.50	356.00	66.00	119.50	26.00	183.00	71.30	22.00
5.-	La Mojada	515.00	119.80	430.00	34.00	85.80	24.00	146.00	15.30	3.00
6.-	Chilchota	150.00	108.00	112.50	34.00	74.00	11.00	146.00	13.50	7.00
7.-	La Angostura	168.00	98.00	282.00	44.00	72.00	29.00	128.00	14.00	5.00
8.-	Camacuero	263.00	108.00	197.00	34.00	74.00	8.00	128.00	25.00	3.50
9.-	Charapan	175.00	96.60	131.00	42.00	54.60	19.00	96.60	13.50	5.50
10.-	Sevina	137.00	70.00	103.00	31.00	31.00	15.60	85.00	12.00	3.60
11.-	Cananguilo	122.00	73.40	91.50	46.00	27.40	12.20	73.40	9.60	2.60
12.-	Tarecuero I	113.00	100.00	213.00	16.00	19.00	13.00	146.00	18.00	1.00
13.-	Tarecuero II	218.00	110.00	227.00	24.00	19.00	6.00	146.00	28.00	0.00
14.-	Querengero	120.00	150.00	233.00	20.00	24.00	6.00	165.00	18.00	0.00
15.-	Carapan	145.00	160.00	246.00	16.00	29.00	8.00	165.00	14.00	1.00
16.-	Morelos	145.00	100.00	216.00	16.00	15.00	20.00	146.00	18.00	1.00
17.-	Zacapu	164.00	130.00	240.00	20.00	19.00	16.00	165.00	18.00	2.00
POZOS										
1.-	Murio	176.00	120.00	220.00	16.00	19.00	20.00	128.00	18.00	1.00
2.-	Murete	256.00	48.60	193.50	38.00	10.60	13.60	48.60	9.60	4.00
3.-	Nvo. Zirato	481.00	63.80	361.00	59.00	4.80	72.60	63.80	65.60	12.00
4.-	Miramangaro	256.00	119.80	192.00	56.00	63.80	15.70	119.80	12.00	3.70
5.-	Tenaco	200.00	85.00	152.00	34.00	51.00	15.60	85.00	11.60	4.00
MORIAS										
1.-	Mahuetzen	575.00	247.00	451.00	98.00	149.00	14.20	147.00	12.00	2.20
2.-	Quinceo	187.00	60.00	140.00	42.00	7.00	57.00	90.00	12.00	4.00

Table 7.1.1

VII.2.1.- PH.

El pH de un sistema acuoso es una medida del equilibrio ácido-base alcanzado por diversos compuestos disueltos. Este parámetro se encuentra relacionado con la corrosión e incrustación del agua. Se recomienda que el pH del agua destinada para fines potables no esté fuera del rango de 6.5 a 8.5 de pH.

En las muestras tomadas se observa que el valor de éste parámetro queda dentro de los límites recomendables, ya que los análisis realizados se observan valores mínimos de 7.05 y máximos de 7.40. En general el pH registra un valor promedio de 7.22. Se concluye de lo anterior que las aguas subterráneas dentro del área de estudio son básicas ya que se registraron valores superiores a 7.00.

VII.2.2.- BICARBONATOS.

Los bicarbonatos proceden de la disolución del dióxido de carbono del aire o del suelo, por la disolución de calizas y dolomías, por la hidrólisis de silicatos y también por el agua de mar. Son fácilmente precipitables por concentración al haber un cambio en la presión parcial del dióxido de carbono.

El valor mínimo de bicarbonato registrado en la zona es de 73 p.p.m. y el valor máximo es de 183 p.p.m.

Presentandose un valor promedio en los bicarbonatos de 126 p.p.m.

VII.2.3.- CLORUROS.

La aportación de cloruros al agua subterránea es producto del lavado de los suelos de origen marino o de la mezcla de aguas marinas en las regiones costeras.

Es el ión más abundante en el agua de mar pero puede llegar a ser el menos importante de los iones fundamentales de las aguas continentales como es nuestro caso.

El ión cloruro es el que más abunda en el cuerpo humano. La ingesta promedio del cloruro a través del agua potable si se le compara con la que tiene lugar en los alimentos es despreciable, sin embargo, se recomienda que la concentración de cloruros no sea mayor a las 250 p.p.m., a fin de que no rebase el umbral del sabor del agua potable.

El contenido de cloruros en las aguas subterráneas alumbradas dentro del área de estudio, presenta un valor mínimo de 9.60 p.p.m. y un valor máximo de 71.30 p.p.m. El valor promedio de cloruros es de 17.92 p.p.m. Dichas concentraciones se encuentran muy por debajo del valor máximo recomendable citado, y por lo tanto las aguas subterráneas dentro del área de estudio no tienen restricciones en lo que se refiere al contenido de cloruros para su utilización con fines potables.

VII.2.4.- SULFATOS.

Los sulfatos son aportados por el lavado de terrenos formados en condiciones de gran aridez o en ambiente marino. También la oxidación de sulfatos de las rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias, actividades urbanas, industriales y en ocasiones agrícolas pueden aportar cantidades importantes.

Las altas dosis de sulfatos tiene un efecto catártico en el ser humano, dando como resultado la purga del canal digestivo.

Las personas sensibles responden a niveles de sulfato de magnesio o incluso de sodio de sólo 400 mg/l. Con el transcurso del tiempo el sistema humano se adapta a concentraciones elevadas de sulfato en el agua potable. Con base a lo anterior se recomienda que en el agua potable la concentración de sulfatos no rebase los 400 p.p.m.

Por otro lado las concentraciones elevadas de sulfatos en el agua, pueden contribuir a la corrosión de los metales en el sistema de distribución, sobre todo en aguas con baja alcalinidad.

Los contenidos de sulfatos en el agua subterránea en el área de estudio varían desde 1 p.p.m. como mínimo hasta un valor máximo de 22 p.p.m.

De lo anterior se concluye que las concentraciones de sulfatos en el área de estudio se encuentran muy por debajo del valor máximo recomendable de 250 p.p.m. y por lo tanto no existen restricciones en lo que se refiere a los sulfatos para su utilización como agua potable.

VII.2.5.- CALCIO.

La aportación de calcio en las aguas subterráneas se debe principalmente a la disolución de calizas, dolomías, yeso y anhidrita, así como al ataque de feldespatos y otros silicatos cálcicos. Este ión puede precipitarse con facilidad y es muy afectado por los cambios iónicos.

El ion calcio, junto con el magnesio son los principales causantes de la dureza del agua. aparentemente el beber extremadamente dura puede dar lugar a una mayor incidencia urolitiasis (cálculos renales), pero por otro lado también existen una serie de estudios que sugieren que la dureza del agua más bien protege contra las enfermedades.

Se recomienda como máximo para el uso potable una concentración de calcio de 175 p.p.m.

Dentro del área de estudio, las concentraciones de calcio varían desde los valores mínimos de 12 p.p.m. hasta valores máximos de 98 p.p.m. La mayoría de las muestras analizadas arrojaron concentraciones inferiores a las 35 p.p.m.

De lo anterior se concluye que las concentraciones de calcio de las aguas subterráneas del área se encuentran dentro del rango permisible de 175 p.p.m. y por lo tanto no tienen restricciones en lo que se refieren al calcio, para su utilización con fines potables.

VII.2.6.- MAGNESIO.

La aportación de magnesio en las aguas subterráneas se debe también a la disolución de dolomías y calizas dolomíticas, y al ataque de silicatos magnésicos y ferromagnésicos.

El magnesio se disuelve más lentamente que el calcio pero tiende a permanecer en solución después de que éste se precipita. Es también afectado por el cambio iónico.

El ion magnesio junto con el calcio causan como ya se dijo en párrafos anteriores la dureza del agua y tiene las mismas consecuencias antes comentadas.

Se recomienda como valor máximo para aguas con fines de consumo humano, la concentración de magnesio de 125 p.p.m.

Dentro del área de estudio, las concentraciones del ion magnesio tienen valores mínimos del orden de 4.80 p.p.m. hasta valores máximos del orden de 149 p.p.m.

En general la concentración promedio de éste ion es de 43.12 p.p.m.

De lo anterior podemos afirmar que las concentraciones de magnesio de las aguas subterráneas del área de estudio se encuentran dentro del rango permisible de 125 p.p.m. y por lo tanto no tienen restricciones en lo que se refiere al magnesio, para su consumo humano.

VII.2.7.- SODIO

El sodio es aportado por el ataque de feldspatos y otros silicatos. su presencia en grandes cantidades puede indicar mezcla de agua de mar en regiones costeras. es muy soluble y es el catión más abundante en el agua de mar. Es muy afectado con el cambio de bases.

El sodio es el catión extracelular más abundante que en conjunto con sus aniones asociados, contribuye de manera significativa a la actividad osmótica del fluido extracelular. Como el organismo posee métodos muy efectivos para controlar los niveles de sodio, este metal no produce toxicidad alguna en el ser humano. El valor máximo recomendado para el agua potable es de 200 p.p.m., el cual tiene como base el umbral del sabor más que consideraciones de salud.

Dentro del área de estudio, la concentración mínima del ion sodio es de 6.00 p.p.m. y la concentración máxima es de 72.6 p.p.m. teniendo como promedio 16.6 p.p.m. Se concluye de lo anterior, que las concentraciones de sodio en el área, se encuentran por debajo del límite permisible para agua potable.

VII.2.9.- SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.

El contenido en sólidos totales disueltos es un indicador de la cantidad de sales que el agua subterránea ha disuelto durante el recorrido por el subsuelo. El agua subterránea se clasifica en función de los sólidos totales disueltos como agua dulce si la concentración es menor de 500 p.p.m., moderadamente salina si la concentración varía de 3000 a 10,000 p.p.m., muy salina si la concentración varía de 10,000 a 35,000 p.p.m. y como salmuera si la concentración es superior a los 35,000 p.p.m.

Es recomendable que la concentración de sólidos totales disueltos en el agua potable no rebase las 500 p.p.m., sin embargo, se consideran permisibles las concentraciones de hasta 1,500 p.p.m. cuando no se dispone de otras fuentes.

Las concentraciones de sólidos totales de las aguas subterráneas alumbradas dentro del área de estudio registran valores mínimos de 75.50 p.p.m. y valores máximos de 451 p.p.m. Teniendo como promedio un valor de 225.43 p.p.m.. De lo anterior se concluye que desde el punto de vista de la concentración de sólidos totales disueltos, el agua subterránea del área de estudio es apta para el consumo humano.

VII.2.10. - DUREZA TOTAL.

La dureza del agua se refiere a su capacidad para reaccionar con el jabón y para producir incrustaciones en los conductos que la transportan. La dureza es definida con la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas en miliequivalentes por litro.

No hay evidencia de efectos adversos a la salud que sean específicamente atribuibles a altos contenidos de calcio y magnesio en el agua potable. El valor guía que se propone para la dureza total es 500 mg/lit, el cual se basa más bien en las consideraciones estéticas.

La clasificación del agua en función de su dureza es la siguiente:

Blanda si la dureza es menor de 60 p.p.m., moderadamente dura si la dureza varía entre 120 y 180 p.p.m. y muy dura si la dureza es mayor de 180 p.p.m.

Dentro del área de estudio se observa que el agua subterránea alumbrada es en general agua dura y/o muy dura y por lo tanto no recomendable para usos industriales, ya que las concentraciones varían desde 70 hasta 160 p.p.m.

De lo anterior se concluye que las concentraciones en dureza total de las aguas subterráneas del área de estudio no representan un riesgo en lo que se refiere a su utilización con fines de agua potable, sin embargo, sí representan severas restricciones con fines industriales.

VII.3 DIAGRAMA DE PIPER - PALMER

Es la representación gráfica de los iones dominantes presentes en el agua, resaltándose sus relaciones entre sí, dentro de una misma masa de agua, además de permitir su clasificación en familias químicas.

Consta de dos triángulos equiláteros en la parte inferior y un rombo central en la parte superior, los lados de los triángulos y el rombo son iguales y divididos en 100 partes.

El porcentaje que se acostumbra utilizar es el de E.P.M. del ión correspondiente.

El triángulo inferior izquierdo representa contracciones cationicas, mientras que el triángulo inferior derecho representa a los aniones, en ambos casos la representación es por medio de puntos, los cuales se proyectan sobre el rombo, siendo el punto de intersección la representación característica de la muestra (Custodio, 1976).

En la figura 7.4.1 se presenta el diagrama correspondiente a 24 muestras, observándose en el triángulo de aniones predominan los bicarbonatos, por lo que en este sentido se puede clasificar a las aguas de las muestras como bicarbonatadas; en lo que se refiere a los cationes existe un predominio de Magnesio.

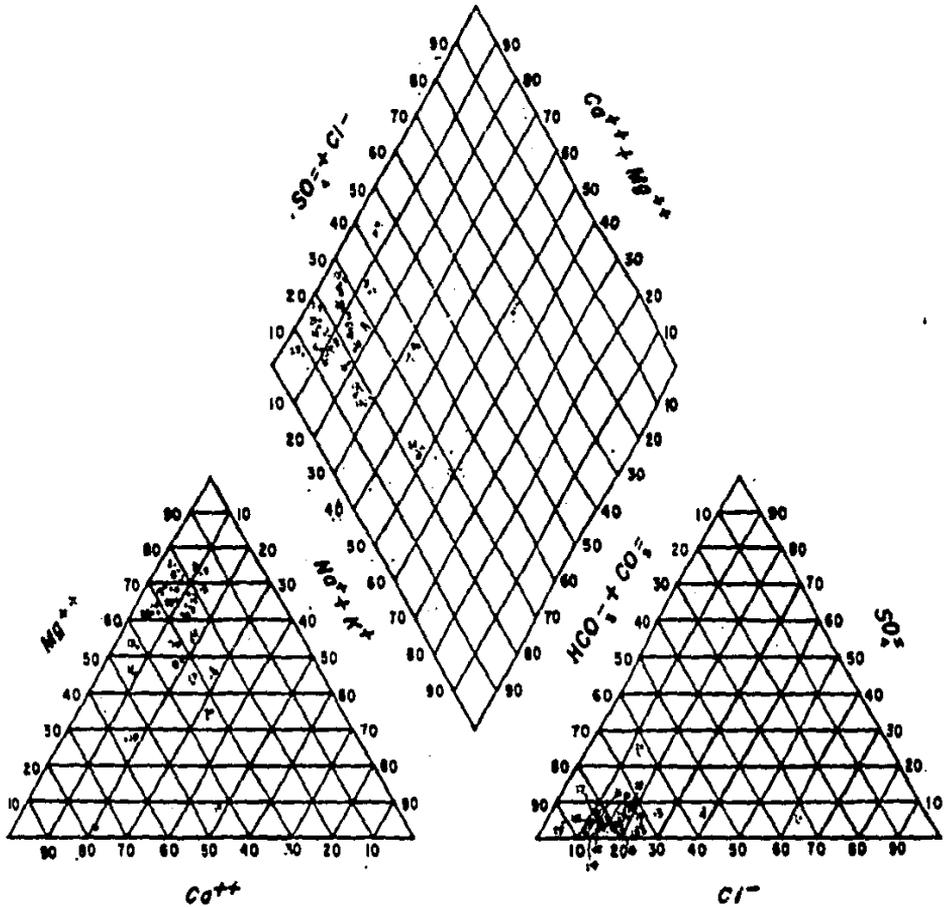
Por lo tanto el agua de la Meseta Tarasca se clasifica como **BICARBONATADA MAGNÉSICA**.

VII.4 CALIDAD DEL AGUA

Para determinar la calidad del agua para uso potable se compararon los resultados obtenidos de los análisis químicos de las 24 muestras con las normas de calidad establecidas por la S.S.A.

Esta comparación se realizó con la ayuda del diagrama de Schoewer-Bekaloff, de acuerdo al siguiente procedimiento:

CLASIFICACION DEL AGUA SUBTERRANEA SEGUN EL PROCEDIMIENTO DE PIPER



NOTA: Los valores representados en esta figura se indican en % de miliequivalentes por litro

FIGURA N. 7.3.1

DIAGRAMA LOGARITMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

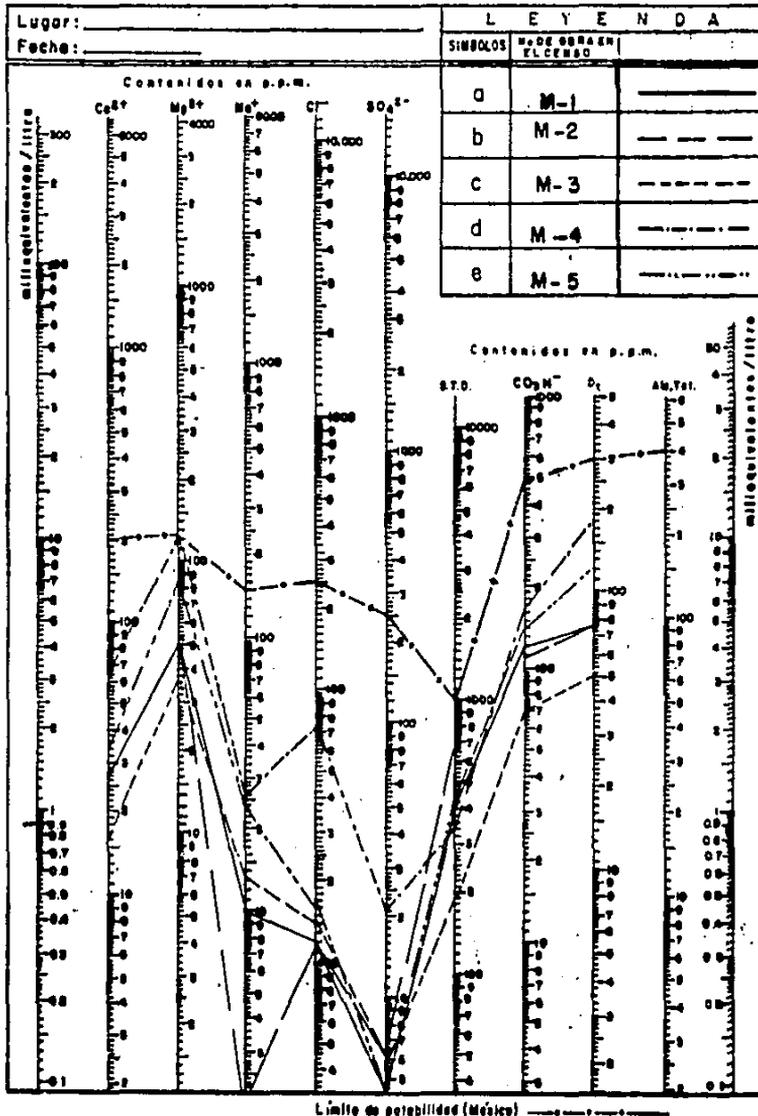


DIAGRAMA LOGARITMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

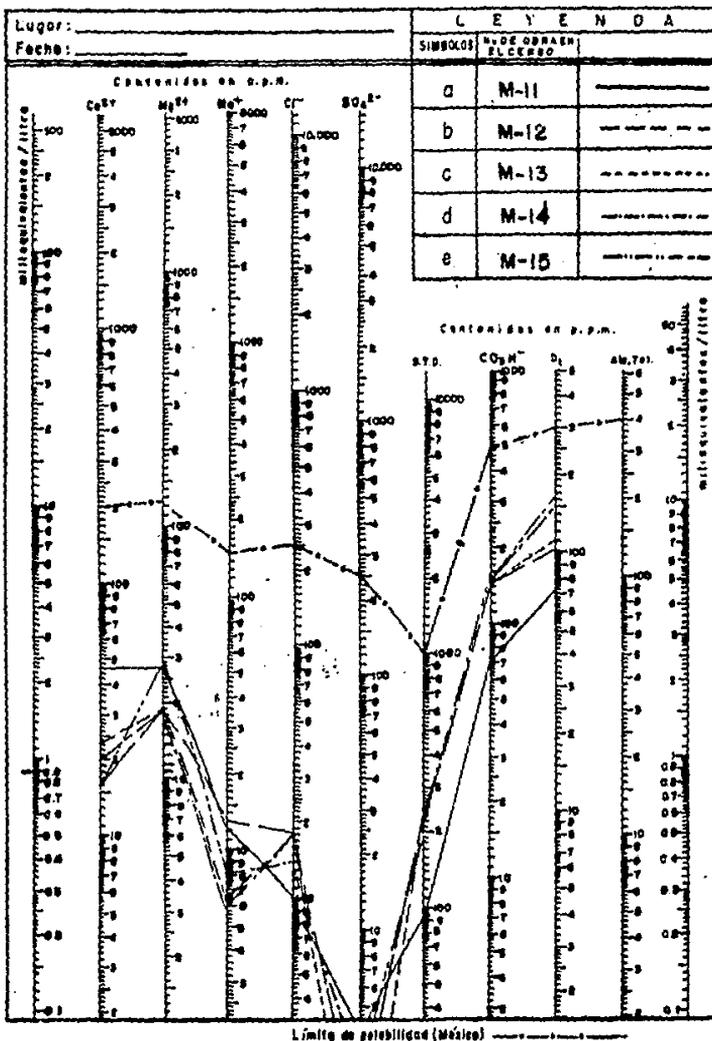


DIAGRAMA LOGARITMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

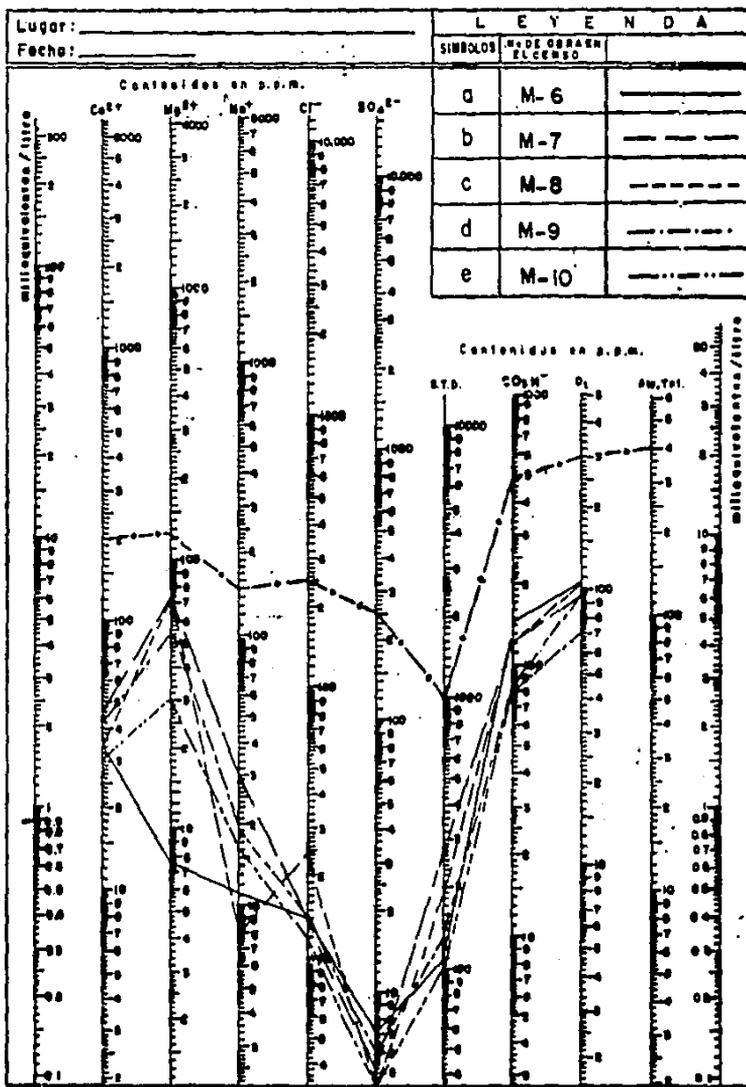


DIAGRAMA LOGARITMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

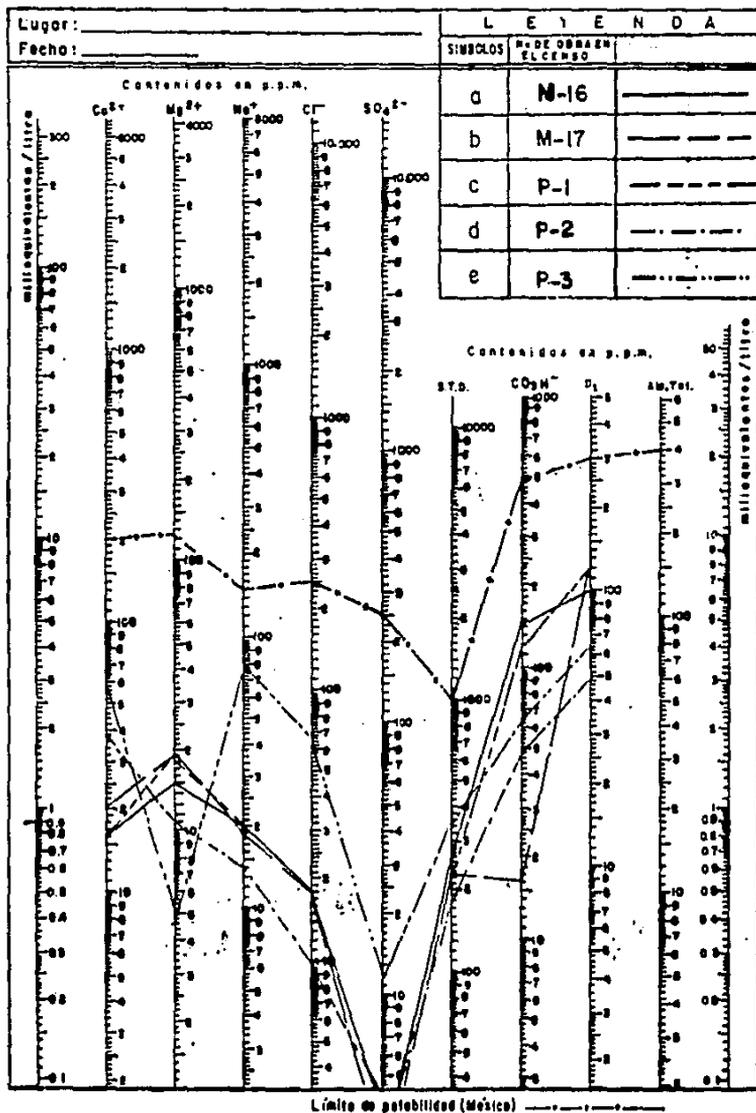
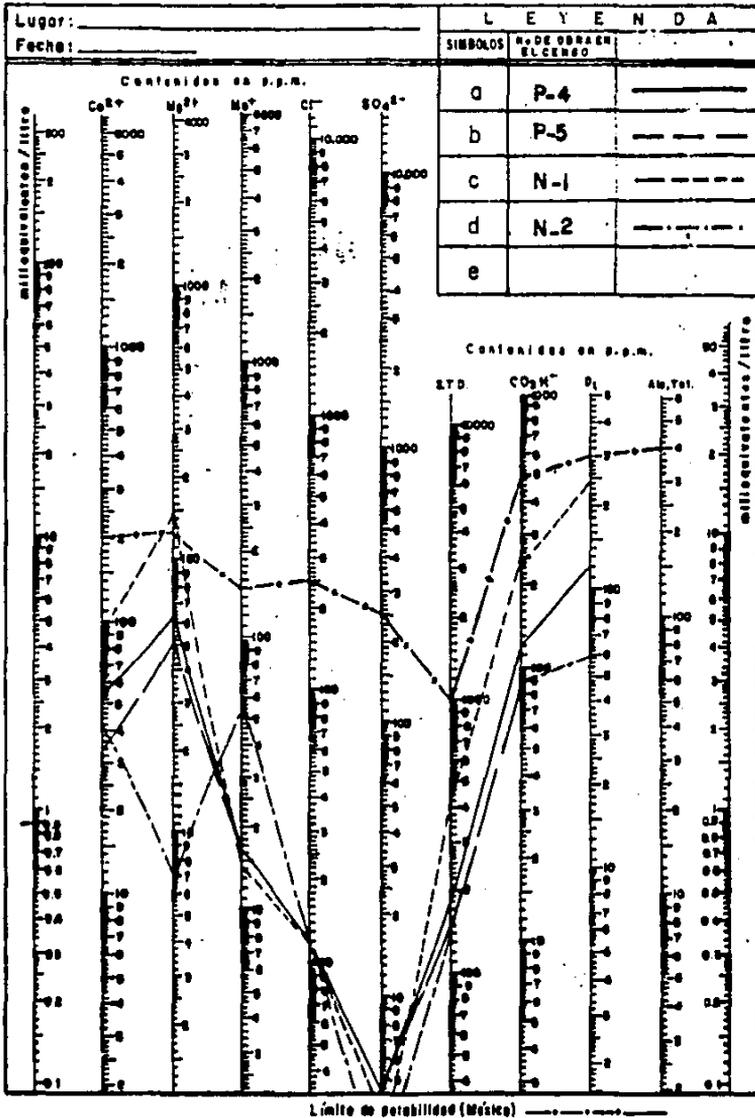


DIAGRAMA LOGARITMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF



Inicialmente se graficó el límite de potabilidad establecido para México (marcada con líneas y cruces, posteriormente se graficaron los resultados de los análisis químicos, cinco en cada diagrama, en los que se puede observar que los resultados de nuestros análisis no rebasan las normas establecidas a excepción de la muestra No. 23 en la cantidad permisible de Magnesio registrando 149 p.p.m. aunque sus demás constituyentes químicos satisfacen las normas.

Debe considerarse que los análisis efectuados están enfocados hacia una interpretación hidrogeoquímica, pero no desde el punto de vista bacteriológico ya que para tal fin es necesario realizar el muestreo y análisis respectivo para detectar la presencia de coliformes totales y fecales.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VII INTEGRACION DE RESULTADOS

Con el fin de entender mejor el funcionamiento geohidrológico en la Meseta Tarasca se tratará de uniformizar a las unidades estratigráficas con las geofísicas tomando en cuenta que la resistividad será mayor si la unidad es más compacta y viceversa.

Cabe mencionar que las unidades geológicas generalmente son el resultado de la alternancia de coladas y material piroclástico y por lo tanto se tratará en su medida de asignar dicha correlación entre las unidades.

En este capítulo se analizarán los resultados geológico-geofísicos con el fin de proponer zonas con mayores posibilidades para su explotación.

Como ya se había mencionado en el capítulo IV se identificaron 5 unidades estratigráficas; mientras que en el capítulo V se interpretaron 5 unidades geoelectricas.

Para entender mejor el desarrollo de este capítulo a continuación se presenta una tabla donde se indican los rangos de resistividad obtenidos.

TABLA 6.1 RANGOS DE RESISTIVIDAD

RESISTIVIDAD BAJA	0 - 2300
RESISTIVIDAD MEDIA	2301 - 4600
RESISTIVIDAD ALTA	> 4600

A continuación se hará una correlación de las unidades geológicas con las geofísicas comenzando por la unidad geológica más antigua y la unidad geofísica más profunda.

La unidad **B5** constituida por basaltos medianamente fracturado alternando con material piroclástico donde en ocasiones predomina el material piroclástico y en otras las coladas, pero en forma general es correlacionable con la unidad geofísica V, en la cual se obtuvieron resistividades de medias a bajas, por lo que se puede considerar una unidad poco permeable.

La unidad **B4** conformada por basaltos vesiculares fracturados, y algunas andesitas intercaladas con material piroclástico, teniendo una predominancia de las coladas, le da a la unidad el carácter de poco permeable, puede correlacionarse con la unidad geofísica IV (IVa y IVb), basandonos en la resistividad que presenta que va de baja a alta.

La unidad **B3** esta representada también por basaltos y una pequeña cantidad por andesitas alternando con material piroclástico, esta unidad se puede correlacionar con la unidad III en donde se obtuvieron resistividades de altas a bajas, interpretandose las primeras como el paquete de coladas y el segundo como el paquete de material piroclástico considerandose en general como una unidad permeable.

La unidad **B2** que esta constituida por basaltos, andesitas, tobas basálticas y material piroclástico, presenta un fracturamiento muy intenso, puede correlacionarse con la unidad geofísica II que presenta resistividades de medias a bajas, por lo que se puede considerar que va de muy permeable a permeable.

La unidad **B1** representado por basaltos vesiculares y material piroclástico, que aflora en cuerpos grandes y sanos, se correlaciona con la unidad geofísica I, la cual muestra resistividades de bajas a altas, debido a que en esta unidad no se separa lo que podría interpretarse como aluvión de la unidad BH por lo cual se considera permeable.

Tratando de integrar la información geológica, geofísica e hidrogeológica se elaboró un perfil que sirviera de base para proponer zonas favorables para la perforación de pozos, dicho perfil cubre transversalmente la Meseta Tarasca procurando tocar puntos de agua (pozos y manantiales) y sondeos eléctricos verticales (SEV 34, 37 y 39), para dibujar la profundidad del nivel de saturación.

En dicho perfil se observa que la elevación del nivel estático regional oscila entre los 2030 (detectado en el pozo Tanaco) y 1620 (detectado en el manantial Rodilla del Diablo), y que la extracción económica del agua sólo se logrará en aquellos puntos en donde se puedan perforar pozos de no más de 250 mts. de profundidad y que la profundidad del Nivel Estático no sea mayor a 165 mts.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos durante la elaboración del presente trabajo, se llegó a las siguientes:

CONCLUSIONES

1.- La Meseta tarasca es una región morfológica que está constituida por estructuras volcánicas del tipo de conos cineríticos, conos brechados, domos, algunos maares y flujos de lava no asociados a los conos en las cuales se definieron cinco unidades estratigráficas distintas y se levanta a partir de los 2200 m.s.n.m.

2.- En lo que respecta a la climatología y considerando precipitaciones del orden de 900 mm/año, temperaturas medias anuales de 18° C, la ausencia de drenaje superficial bien integrado, la presencia de manantiales caudalosos, así como las características de fracturamiento de la zona, concluimos que la recarga del acuífero se realiza en cantidades considerables.

3.- El funcionamiento hidrológico propuesto establece que toda el agua que precipita en la zona, se infiltra y sale abajo de la cota 2000 m.s.n.m. que es donde se encuentran los manantiales de mayor importancia y otra parte se encuentra en posibles mantos acuíferos potenciales que fluyen en la complejo estructural del subcueto.

4.- La interpretación de los análisis químicos señalan que el agua en la Meseta Tarasca es de reciente infiltración.

5.- En base a la integración de resultados geológico-geofísicos, concluimos la existencia de un acuífero que se manifiesta en la unidad B2 y que además coincide con las zonas más bajas dentro de la Meseta Tarasca (Valle de Nurio y Valle de Tanaco), que es donde se han perforado los pozos más productivos.

6.- Los resultados de los análisis químicos demuestran que localidad del agua es apta para todo uso a excepción de algunos usos industriales.

7.- La concentración de sales sugiere un flujo interno NE-SW que concuerda con la información piezométrica.

8.- Se puede ver que el sondeo No. 34 la unidad B2 se presenta en el registro eléctrico del pozo Tanaco; el nivel estático se encuentra a una profundidad de 65 m y el SEV. marca un cambio de resistividad a esa profundidad, aproximadamente de 96 a 187 ohm-m.

9.- El sin número de perforaciones practicadas en la zona y que han resultado negativas, es debido a que no le han llegado al nivel regional de saturación.

10.- A excepción de los valles de Nurio, Tanaco y Cheranástico, los demás valles intermontanos quedan condenados a su explotación debido a que el nivel de saturación se encuentra a más de 300.00 mts. de profundidad.

Para solucionar el problema de agua en estas zonas se debe de dejar de pensar en el subsuelo como solución, y encontrar nuevas formas de abastecimiento de las mismas.

RECOMENDACIONES

1.- La necesidad de tener un control climatológico en la Meseta Tarasca es de gran importancia por lo que se recomienda la colocación de cuatro estaciones climatológicas (como mínimo), que puedan registrar los diferentes eventos climáticos, dichas estaciones deberán estar distribuidas como sigue: al Norte de Paracho; entre Sn. Felipe y Nurio; entre Sn Isidro y La Mojonera y por último al Norte de Santiago Tingambato.

2.- Con el fin de definir el patrón de fracturamiento de cada unidad estratigráfica y su influencia en el comportamiento del flujo subterráneo, es recomendable un análisis geológico estructural detallado.

3.- En las zonas adyacentes a los sondeos Nos. 42, 87, 28 y 39, que son de acuerdo a la geofísica las más favorables para la obtención de agua, se recomienda perforar pozos exploratorios con recuperación de núcleos de diámetro NQ-WI.

4.- Realizar monitoreos periódicos de agua para su análisis químico con el fin de observar su evolución y/o prever posible contaminación.

5.- De acuerdo con el objetivo del presente estudio de definir los sitios óptimos para ubicar pozos de explotación se recomiendan las siguientes zonas en que se considera se puede lograr este aspecto.

a) En el valle comprendido entre el poblado de Cirapondira y Teamba al Este del pozo Las Pajas.

b) En el valle comprendido entre el Cerro Eguacuaro y el Cerro Cheranguaran al Oeste del pozo Las Pajas.

c) Valle de Nurio, sin rebasar la cota 2200 m.s.n.m. (ver plano No. 2).

d) Valle de Cheranástico, sin rebasar la cota 2200 m.s.n.m. (ver plano No. 2)

e) Valle de Tanaco, sin rebasar la cota 2200 m.s.n.m. (ver plano No. 2).

6.- La zona de recarga de la Meseta Tarasca esta formada principalmente de zonas boscosas, que cada vez son menores debido a la excesiva tala y extracción de resina por parte de los habitantes de la región, por lo cual se recomienda a la autoridades correspondientes tome las medidas pertinentes.

7.- En la actualidad algunos de los equipos de los pozos en funcionamiento no cuentan con el mantenimiento necesario, por lo que se recomienda un programa de revisión periodica y mantenimiento de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **AGUILAR V. H. VARGAS Y VERMA S.P.**
Composición Química (Elementos Mayores) de los magmas en el Cinturon Volcánico Mexicano, 1987
- 2.- **ALVAREZ JR. MANUEL.**
Provincias Fisiográfica de la Republica Mexicana, 1982.
- 3.- **BURKART, BURKE AND SELF, STEPHEN.**
Extension and Rotation of Crustal Blocks in Northern and Central America and Effect on the Volcanic Arc, 1985.
- 4.- **CANTAGREL, JEAN-MARIE AND ROBIN, CLAUDE.**
K-Ar Dating on Eastern Mexican Volcanic Rocks-Relations Between the Andesitic and Alkaline Provinces, 1978.
- 5.- **CANTO V. JORGE A.**
Estudio Geohidrológico de la zona de Zitacuaro-Ciudad Hidalgo, Mich. Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM., 1988.
- 6.- **CONSULTORES EN AGUA SUBTERRANEA, S.A.**
Estudio de Prospección Geohidrológica en la Zona Nte del Valle de Zaus para delimitar las áreas de explotación de la segunda etapa y etapas sucesivas, para suministro de agua a la Ciudad de Chih., 1988.
- 7.- **COUCH, RICHARD AND WOODCOCK, STEPHEN.**
Gravity and Structure of the Continental Margins of Southwestern Guatemala., 1981.
- 8.- **CUSTODIO, E. LLAMAS, M.R.**
Hidrología subterránea, Barcelona España 1976.
- 9.- **CHAVEZ RUBEN.**
Faja Volcánica Transmexicana, 1988.
- 10.- **DELGADO A. LUIS.**
Marco Tectónico de la región comprendida entre Cabo Corriente y Ameca, Jalisco, 1984.

- 11.- **DEMANT, ALAIN.**
Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación, 1978.
- 12.- **EYCO, S.A.**
Estudio de Prospección Geohidrológica, para determinar zonas con posibilidades acuíferas para abastecimiento de agua a poblados de la Meseta Tarasca, Mich. 1988.
- 13.- **EYCO, S.A.**
Estudio de Geofísica complementario, para definir zonas con posibilidades acuíferas para abastecimiento de agua a poblados de la Meseta Tarasca, Mich. 1988.
- 14.- **GASTIL, GORDON, KRUMMENACHER, DANIEL - JENSKY, WALLACE.**
Reconnaisance Geology of West-Central Nayarit, México: Summary, 1979.
- 15.- **GONZALEZ-PARTIDA, E. Y TORRES-RODRIGUEZ, V.**
Evolución Tectónica de la región Centro-Occidental de México y su relación con los Yacimientos Minerales asociados, 1987.
- 16.- **HURTADO OROZCO, M.**
Estudios de Petrografía, Minerografía, Inclusiones fluidas, en Tejamiles zona Sur del Campo Geotérmico de los Azufres, Mich. Tesis Profesional 1988.
- 17.- **KEYNES, MILTON.**
Tectonic Significance of Alkaline Volcanism in Eastern Mexico, 1977.
- 18.- **LUGO H., JOSE.**
El Sistema Neovolcánico Mexicano, 1986.
- 19.- **LUHR, J., NELSON, S. AND CARMAICHEL, JAMES.**
Active Rifting in Southwestern Mexico: Manifestation of an Incipient Easterward Spreading-Ridge Jump.
- 20.- **MOOSER, FEDERICO.**
El Eje Volcánico Mexicano, Debilidad Cortical Prepaleozoica Reactivada en el Terciario, 1976.
- 21.- **NAKAMURA, KAZUAKI.**
Volcanoes as Possible Indicators of Tectonic Stress Orientation Principle and Proposal, 1976.

- 22.- **NAKAMURA, KAZUAKI.**
Volcanoes as Possible Indicators of Tectonic Stress Orientation Aleutians and Alaska, 1977.
- 23.- **ORTEGA M, JORGE.**
Geología Regional de proyecto Hidroeléctrico Aguamiipa, Río Grande de Santiago, Nayarit.
- 24.- **PAL, S., LOPEZ M, M. AND TERREL, D.**
Magma Characterization of the Mexican Volcanic Belts, México 1978.
- 25.- **PASQUARE, G. VEZZOLI, L. Y ZANCHI, A.**
Morphological and Structural Model of Mexican Volcanic Belts, 1977.
- 26.- **ROBIN, CLAUDE.**
Relation Volcanology-Magmatology-Geodinamic: the Transition Between Andesitic and Alkaline Volcanism in Southern Mexico. 1981.
- 27.- **SILVA MORA, LUIS.**
Algunos aspectos de los Basáltos y Andesitasm Cuaternarios de Michoacán Oriental, 1988.
- 28.- **SILVA MORA, LUIS.**
Argumentos que nos permiten subdividir la Provincia del Eje Neovolcánico en tres Subprovincias, 1985.
- 29.- **SHUBERT, D. H. AND CEBULL, S.E.**
Tectonic Interpretation of the Trans-Mexicano Volcanic Belt, 1893.
- 30.- **TECNICAS GEOLOGICAS Y MINERAS, S.A. DE C.V.**
Actualización Geohidrológica en la Zona de Benito Juárez, para suministro de agua a la Cd. de Zacatecas, Zac. 1988.
- 31.- **TORRES ALVARADO, I.S.**
Estudios de Petrografía, Minerografía, Inclusiones fluidas, en Maritaro zona Nte del Campo Geotérmico de los Azufres, Mich. Tesis Profesional 1988.
- 32.- **URRUTIA F., JAIME - DEL CASTILLO G., LUIS.**
Un modelo del Eje Neovolcánico, 1977.

RELACION DE FIGURAS, TABLAS , GRAFICAS Y PLANOS.

FIGURAS

- CAP. 2.- 2.1 Localización y acceso.
- CAP. 3.- 3.1 Isoyetas medias anuales.
3.2 Isotermas medias anuales.
3.3 Evapotranspiración.
3.4 Clasificación climatológica.
- CAP. 4.- 4.1 Provincias filográficas.
4.3.1 Tectónica del Caribe y del Pacífico Central-Oriental.
4.3.2 Mapa generalizado de México y la región circum-pacífica con rasgos tectónicos.
- CAP. 5.- 5.1 Resistividad.
5.2 Arreglo tipo Schlumberger.
- CAP. 7.- 7.3.1 Diagrama de Piper-Palmer.

TABLAS

- CAP. 2.- 2.3.1 Población total.
2.3.2 Población de 6 a 14 años según su aptitud de leer y escribir.
2.3.3 Población de 6 años y más según su nivel de instrucción.
2.3.4 Población de 5 años y más que habla lengua indígena y española.
2.3.5 Vivienda según material en pisos, paredes y techos.
2.4.1 Sistema Sta. Cruz tanaco-Sevina.
2.4.2 Sistema Sta. Ma. Huanabampo-La mojonera.
2.4.3 Sistema Sta. Ana Zirato-Capacuaro.
- CAP. 3.- 3.4.1 Estaciones climatológicas cercanas a la Meseta Tarasca.
- CAP. 5.- 4.1.1 Tabla de unidades geoelectricas interpretadas.
- CAP. 6.- 6.1.1 Censo de pozos profundos.
6.1.2 Censo de manantiales.
6.1.3 Censo de norias.
- CAP. 7.- 7.1.1 Resultados de los análisis químicos.
- CAP. 8.- 8.1 Rangos de resistividad.

GRAFICAS.

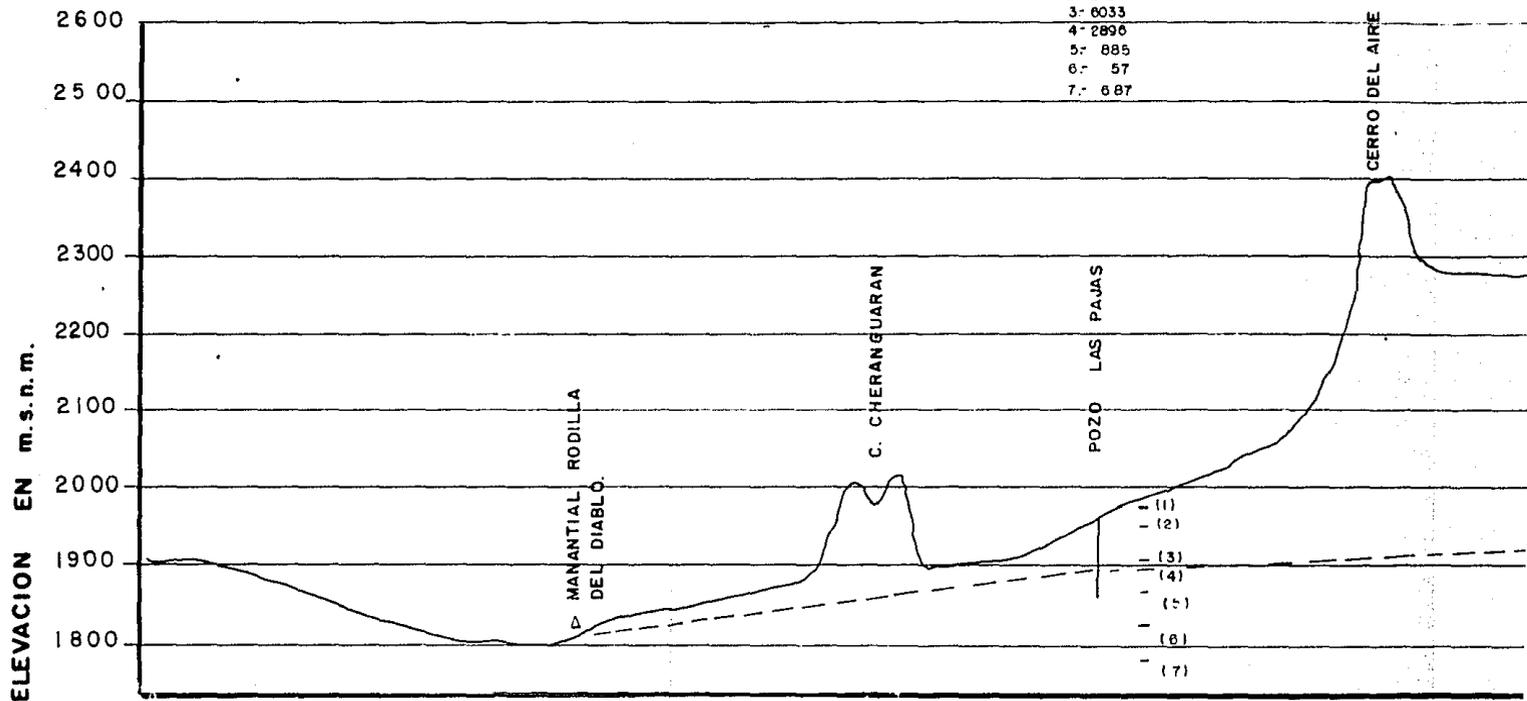
- CAP. 3.-** 3.1.1 Precipitación total anual estación Carapan.
3.1.2 Precipitación total anual estación Los Limones.
3.1.3 Precipitación total anual estación Los Reyes.
3.1.4 Precipitación total anual estación Zirahuen.
3.2.1 Temperatura media anual estación Carapan.
3.2.2 Temperatura media anual estación Los Limones.
3.2.3 Temperatura media anual estación Los Reyes.
3.2.4 Temperatura media anual estación Uruapan.
- CAP. 7.-** 7.3 Diagrama logarítmico de Schoeller-Berkalof.

PLANOS

- CAP. 4.-** 1 PLANO GEOLOGICO REGIONAL, MESETA TARASCA, MICH.
- CAP. 5.-** 3 y 3' PLANOS DE SECCIONES GEOFISICAS.
- CAP. 6.-** 2 PLANO GEOHIDROLOGICO REGIONAL, MESETA TARASCA.
- CAP. 8.-** PERFIL TOPOGRAFICO Y ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO.

SEV No. 79

1- 715 - 2588
2- 2424
3- 6033
4- 2896
5- 885
6- 57
7- 687



PERFIL TOPOGRAFICO Y ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO EN LA MESETA TARA

9

SEV No.37

- 1- 128 - 327
- 2- 150
- 3- 128
- 4- 440

CERRO DEL AIRE

POZO NURIO

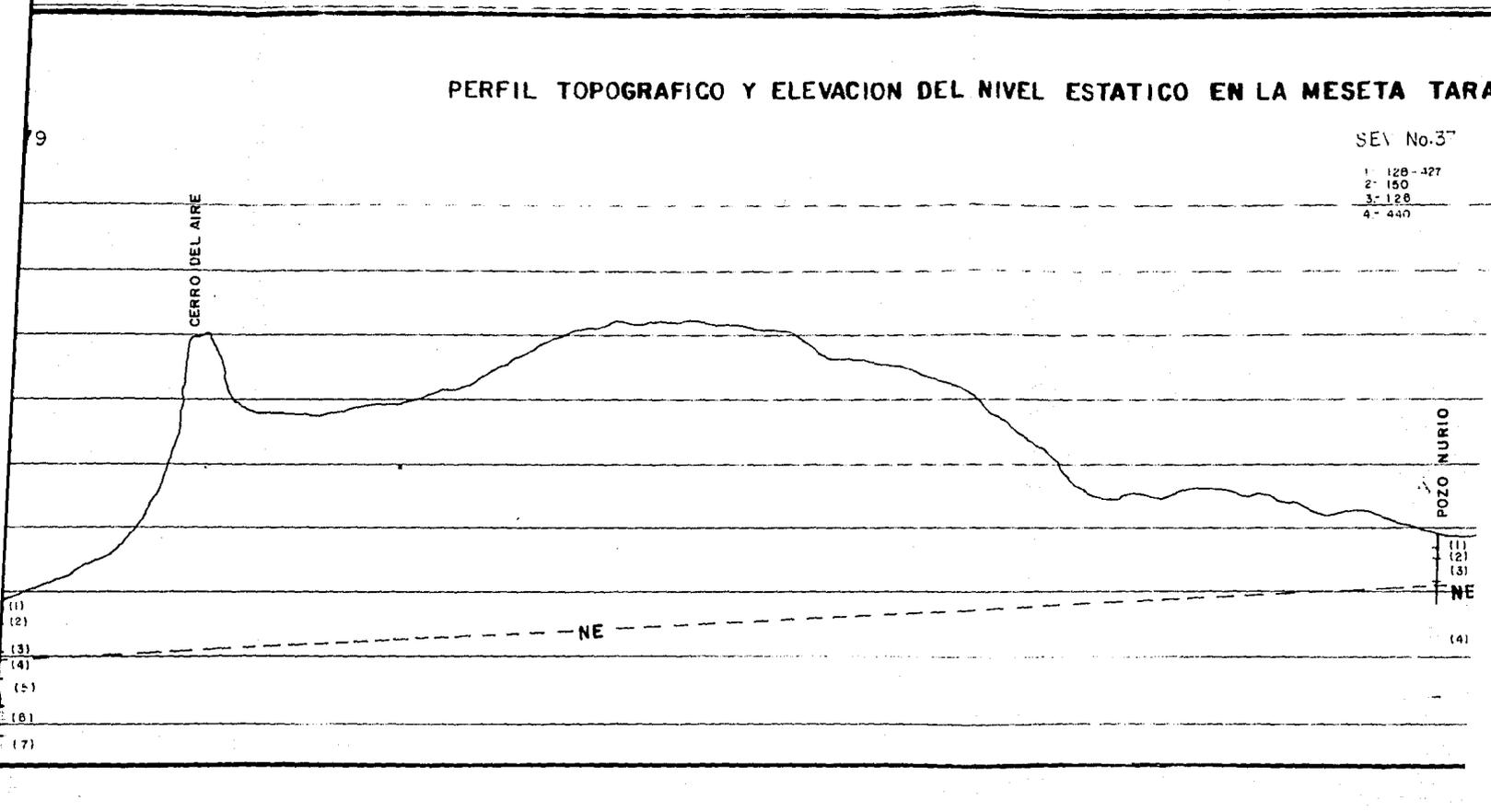
- (1)
- (2)
- (3)

NE

(4)

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)

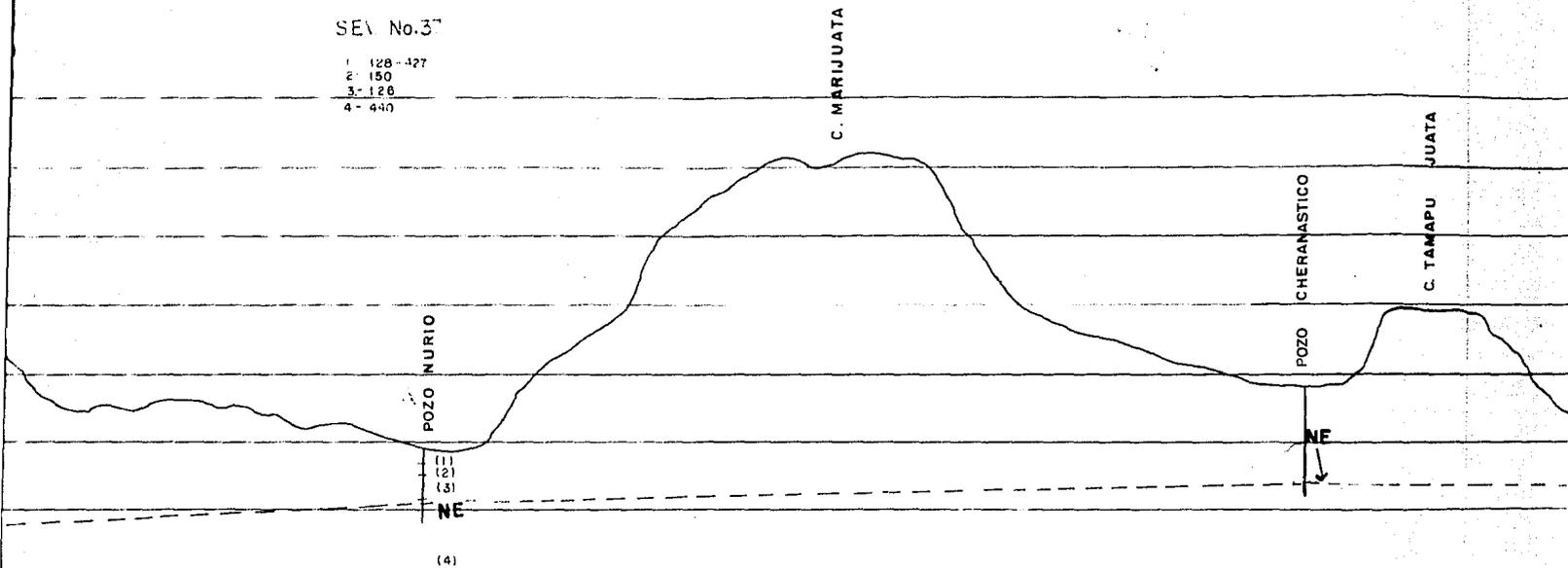
NE



ESTATICO EN LA MESETA TARASCA, MICH.

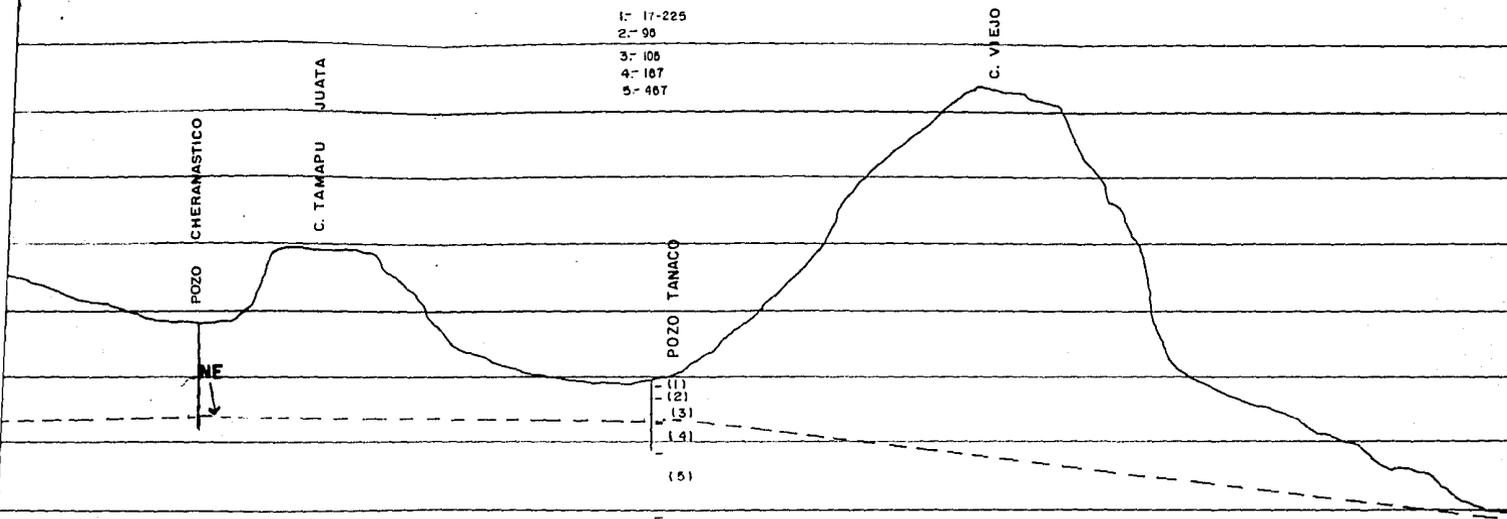
SEV No.37

1- 128-427
2- 150
3- 128
4- 440



SEV. No. 34

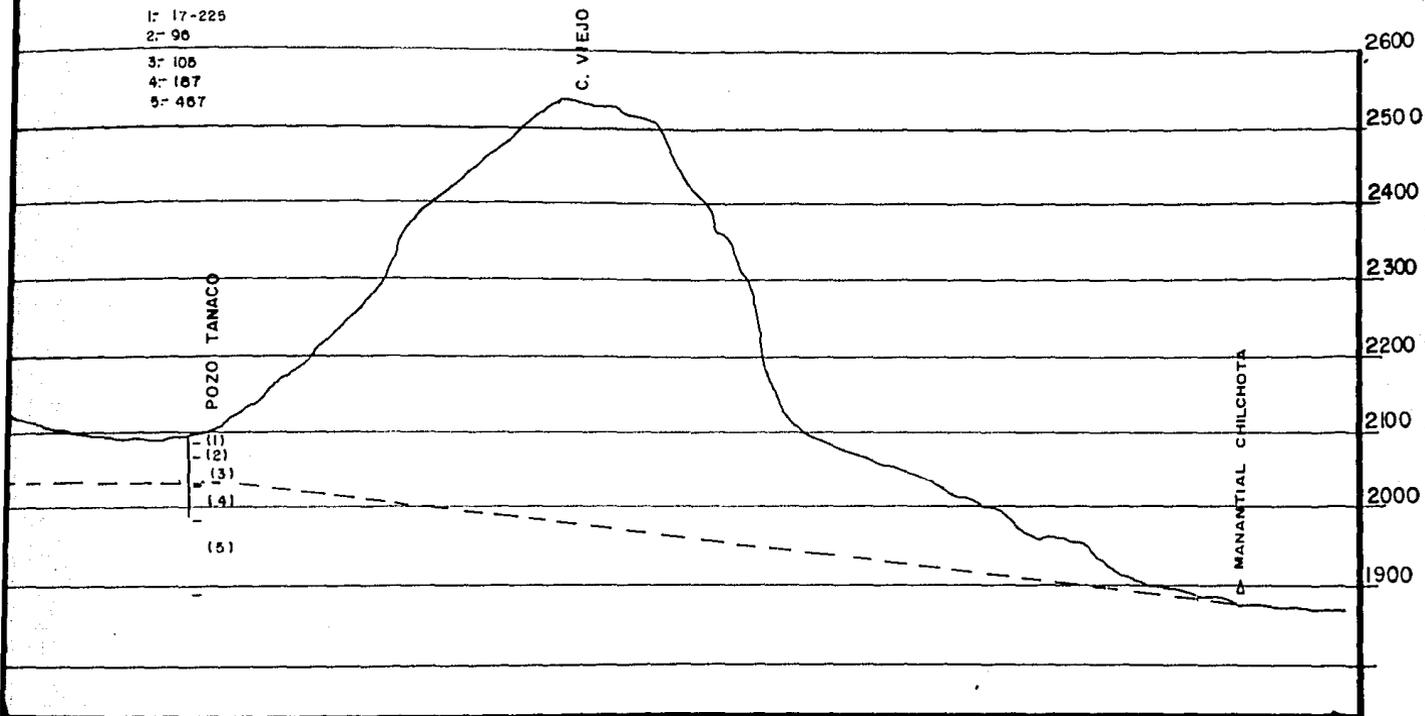
- 1- 17-225
- 2- 96
- 3- 106
- 4- 167
- 5- 467



ESC. HOI
ESC. VE

SEV. No. 34

1- 17-225
2- 96
3- 106
4- 167
5- 467



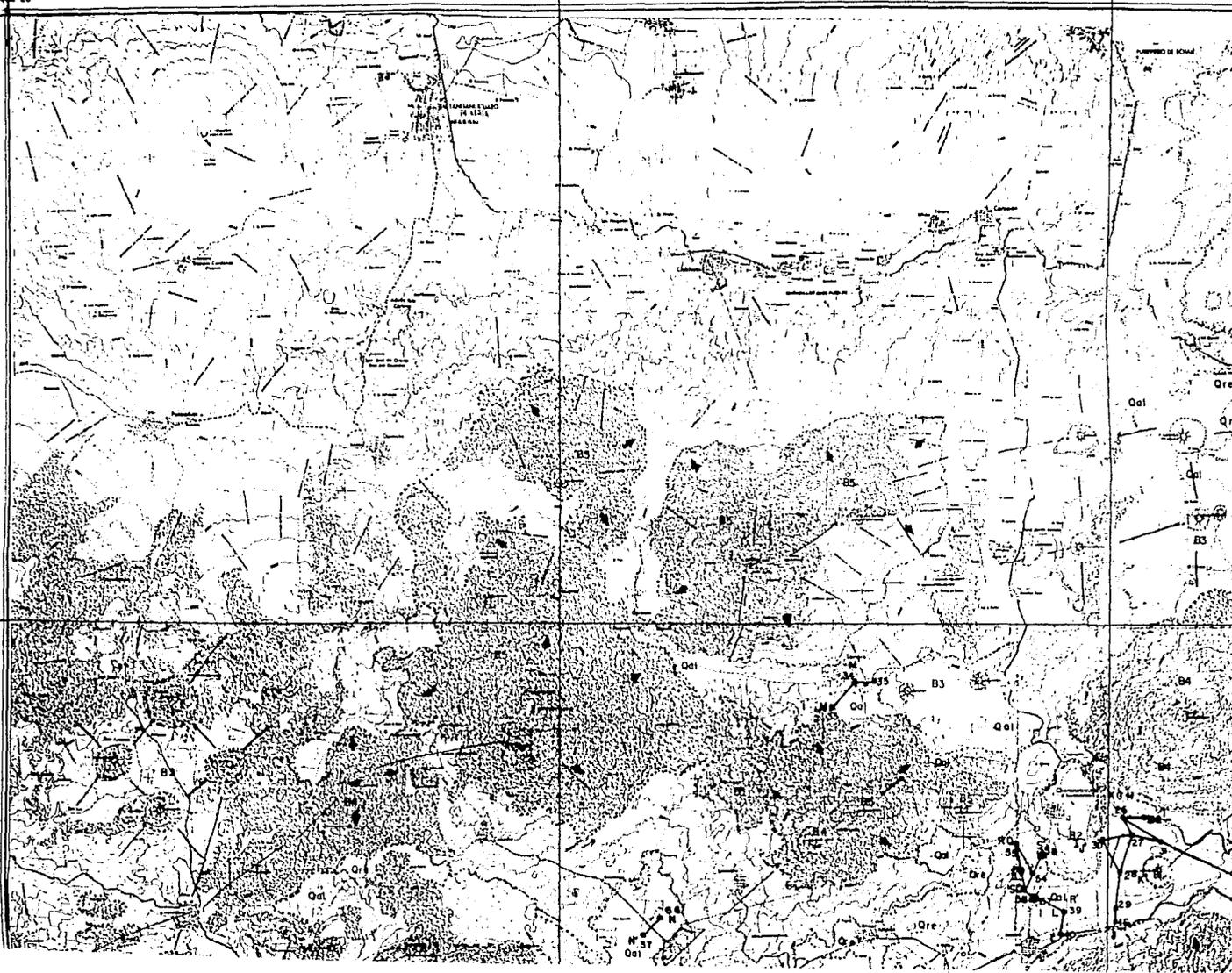
ESC. HOR. 1:75 000

ESC. VER. 1:75 00

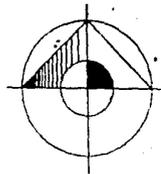
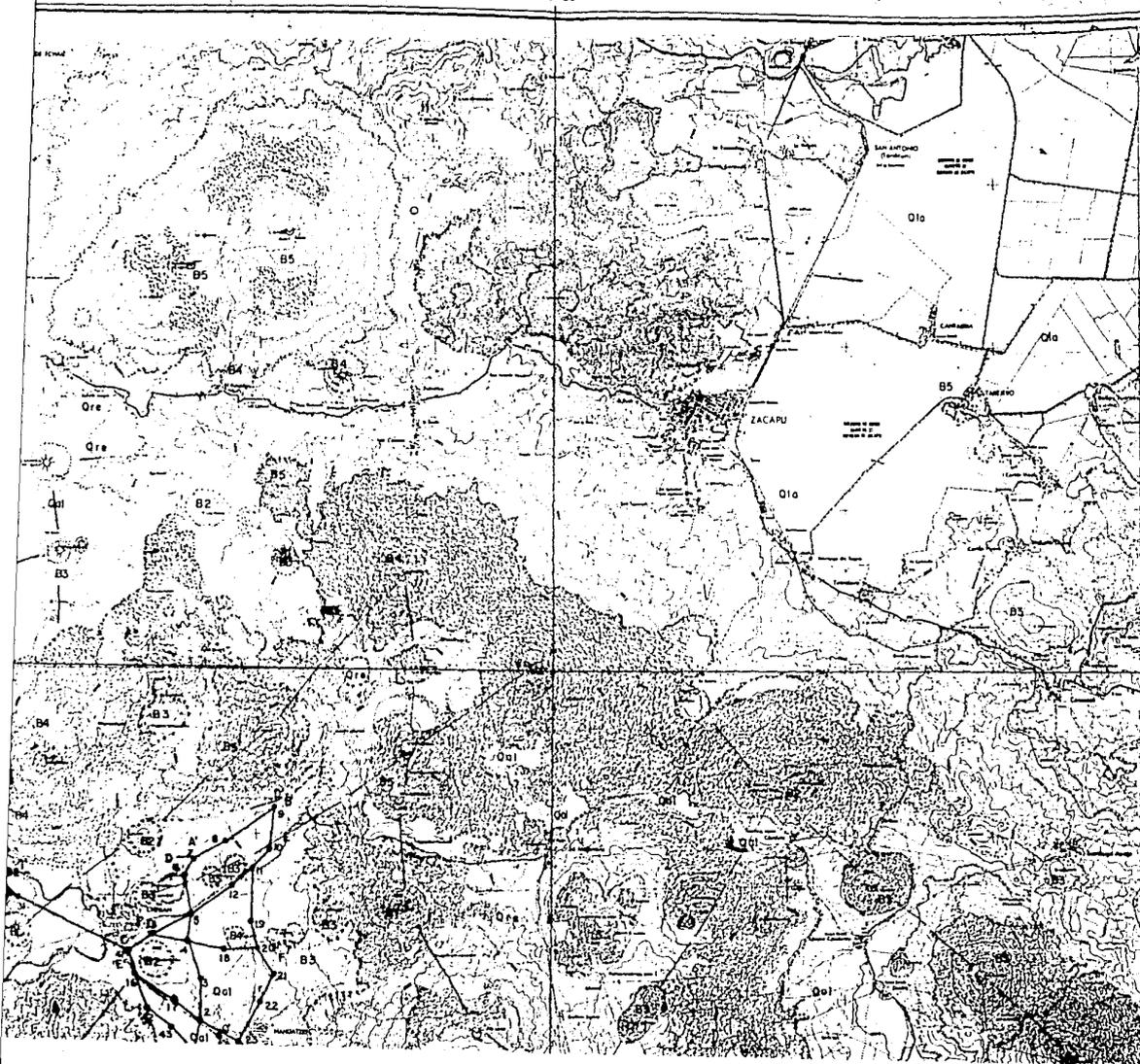
102°10'

102°00'

44°45'



10° 50'

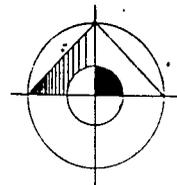
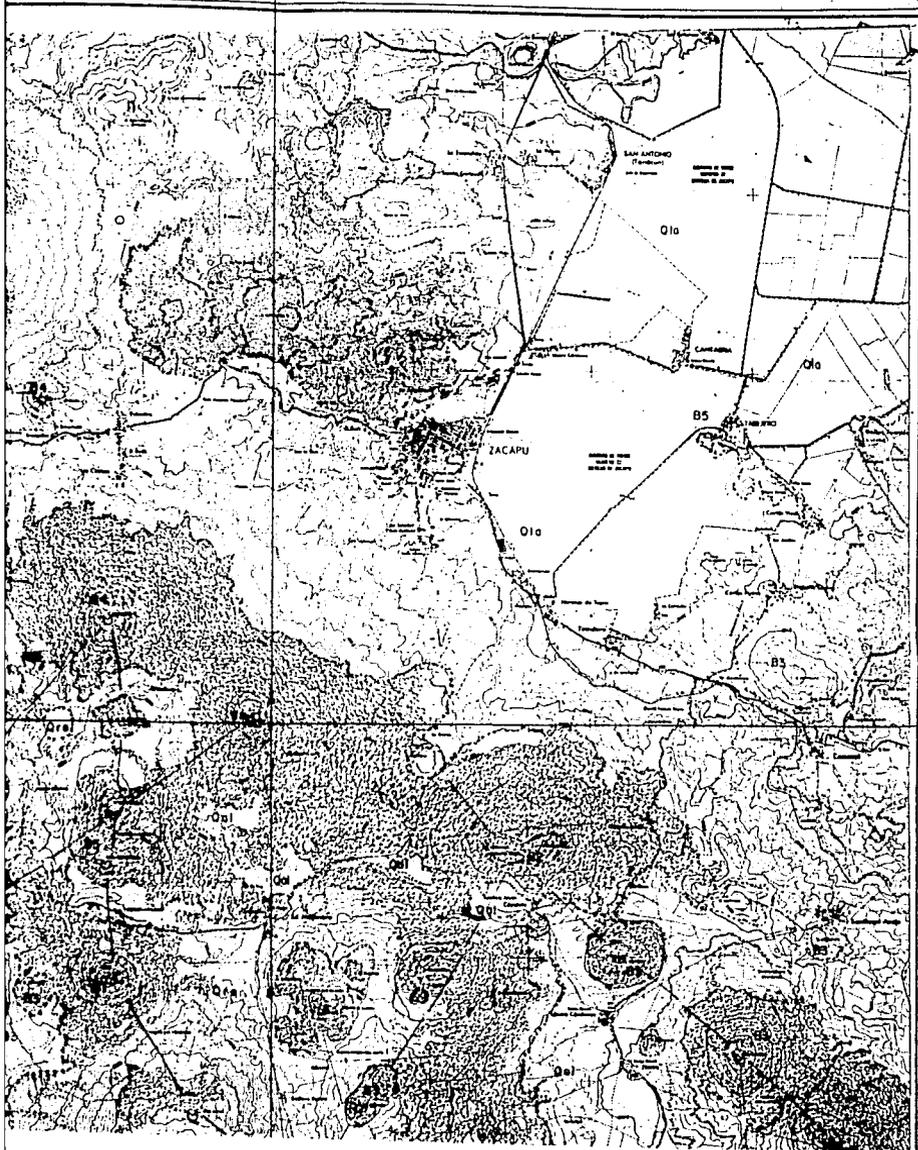


SIGNOS CONVENCION

- POBLACION . . .
- == CARRETERA PAVIMENTA
- TERRACERA TRANSITABLE
- - - BRECHA.
- ++++ FERROCARRIL
- ⌈ T ESCUELA, TEMPLO
- ⊙ ASISTENCIA MEDICA.
- ⊕ MMA, BANCO DE MATA
- CASA AISLADA, OEMA
- ~ CURVA DE NIVEL EN I
- ~ DEPRESION.
- ~ MANANTIAL, CORRIENTE PARECE.

COLUMNA ESTRATK

- Q01 CUATERNARIO LACUSTE
- Q01 CUATERNARIO ALUVIO
(ARCILLAS, ARENITAS DE PE
PIROCLASTIC).
- Qre DEPOSITOS RESIDUAL
DE SITO A PARTIR DE Q0
PIROCLASTIC).
- B1 UNIDAD B1 TIENE PE
LUCA POR BALZAS, AG
INDUCER, BOMBAS Y AP
ALTERACIONES DE PRES
MCA8 OIEN DEFINIDAS
- B2 UNIDAD B2 ESTRUC
ESTRUCTURALES DE FLUJO
DE BANCOS CONCRETOS
SOMETIDOS POR BALZ
BICION BALZAS Y BANC
RECTILINEAS.
- B3 UNIDAD B3 ES OCA
DE BELTAN LOS DE
TUBOS VULCANOS, HEN
SOMERSETICOS, CON
PASADIZOS POR AN
DE BANCOS VULCAN
SOM CLINO AL PRES
LAMBAS SOMER.
- B4 UNIDAD B4

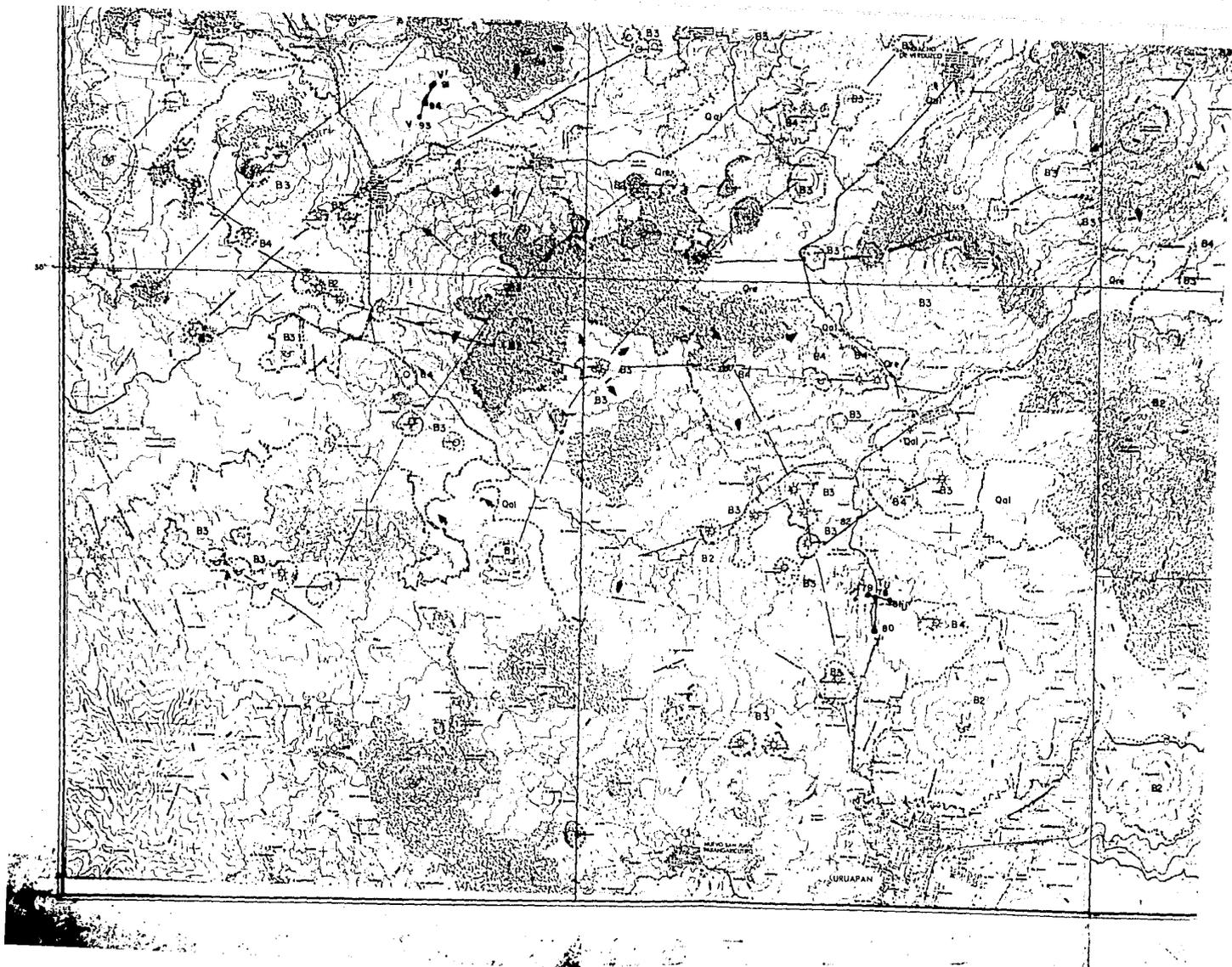


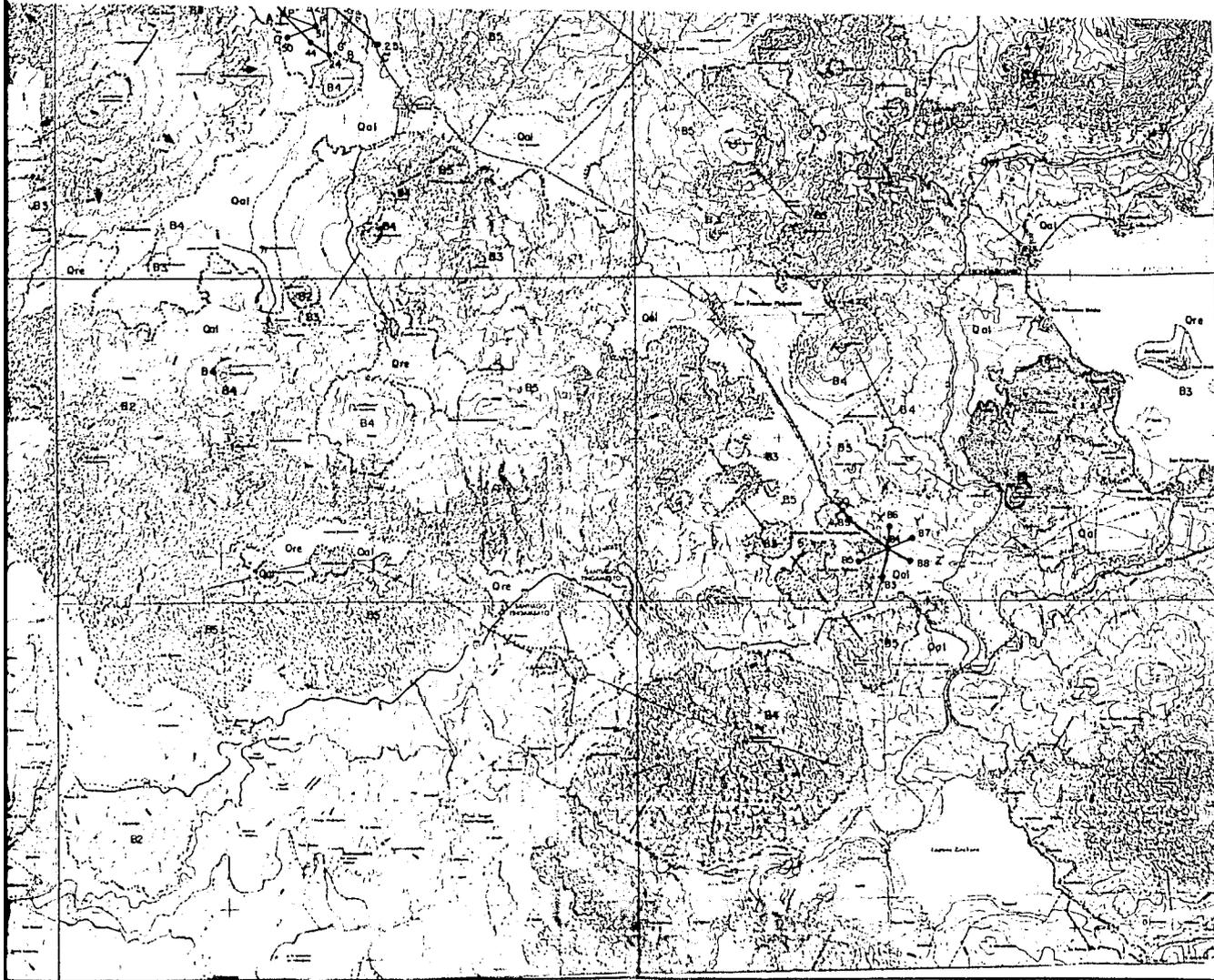
SIGNOS CONVENCIONALES.

- POBLACION.
- == CARRETERA PAVIMENTADA.
- TERRACERA - TRANSITABLE.
- BRECHA.
- FERROCARRIL.
- ⌈ ⌋ ESCUELA, TEMPLO.
- ASISTENCIA MEDICA.
- ⚡ MINA, BANCO DE MATERIAL.
- CASA AISLADA, CEMENTERIO.
- ~ CURVA DE NIVEL EN MTS.
- ⊖ DEPRESION.
- ~ MANANTIAL, CORRIENTE QUE DESAPARECE.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

- Q1a CUERPO LACUSTRE
- Q1b CUERPO ALUVION DEPOSITOS RECENTES (ARCILLAS, ARENAS) DE PEQUEÑO TAMAÑO DE FINOCLASTOS.
- Q1c DEPOSITOS RESIDUALES FORMADOS POR ALTERACION IN SITU A PARTIR DE ROCAS MAGMATICAS, (LAVAS Y FINOCLASTOS).
- B1 UNIDAD B1 TIENE poca cohesión, y está constituida por basaltos, andesitos y mineral finoclastos (volcanes, bombas lapilli y cenizas) no presentando alteración ni estructura volcánica bien definidas.
- B2 UNIDAD B2 ESTRUCTURAS MÓNICAS MONOCLINAS, ESTRUCTURAS DE FLUJO BIEN PRESERVADAS, PRESERVANDO LOS BANCOS, ORIENTACIONES Y ALGUNOS VEHICULOS ARENOSOS CONSTITUIDA POR BASALTO, ANDESITO, TABLAS DE CONFORMACION BASALTICAMENTE MATERIAL, FINOCLASTOS, LAMINAS Y ACTUALIZADAS.
- B3 UNIDAD B3 ESTRUCTURAS DE FLUJO, ES DIFÍCIL DELIMITAR LOS BANCOS EXISTEN EN LA ESTRUCTURA RELACION, SIENDO A SU VEZ DE TRAZO DE VOLCANES MONOCLINOS, CONSTITUIDA POR BASALTOS Y UN MENOR PORCIÓN POR ANDESITOS ACIDOS, IMPREGNADOS POR MATERIA FINOCLASTICA, LOS BANCOS REPRESENTAN DE COLOR NEGRO CLARO AL FRESCO Y CAPE OSCURO AL INTENSIFICAR LAS ZONAS OSCURAS.
- B4 UNIDAD B4 MÓNICAS DE TRAZO PARALELAS CONO...





B4

B5

SIMBOLOS

- CUM
- APM
- COP
- MRE
- FRAC

SIMBOLOS

- BOND
- MCLL

NOTA: LA BA
DATA
A LA

TUNAM

PLANO GEOLOGICO
DE LA MESETA

ELABORADO ALFONSO MUÑOZ DE
MOYALLES BASES AL

TESIS PROFESIONAL



B4

Y DIRECCION PROPICUA EN ESTRUCTURAS DE FLUJO. ES-
 TRUCTURAS VOLCANICAS HORISONTALES, CON TENDENCIA DE RE-
 DUCIR, ONDAS CIRCULARES CON INFERRES ANCLADOS Y AMPLI-
 TUDIN, AMPLIAMENTE DISTRIBUIDA EN LA ZONA LAS ROCAS.
 DE ESTA UNIDAD SON DE COMPOSICION BASALTICA Y EN
 MENOR PROPORCION ANDALITA, TIENEN ACCIONES DE MA-
 TERIAL PROCLASTICO, PRESENTA UN REPERTEMO SOMETO Y
 FRACTURAMIENTO MASADO.

B5

UNIDAD B5 ES FRUCTURAS VOLCANICAS DE MAYOR ALTURA
 TOPOGRAFICA, JALTA EN DISTRIBUCION, CON TENDENCIA POR BASAL-
 TICO ACCIONES DE MATERIAL PROCLASTICO, LOS BASALTI-
 COS PRESENTAN UN COLAR NEGRO AL PRECIO, Y AMPLIAMENTE
 AL TENDEN EN SI, SE COLAN DE OTRAS UNIDADES, FRACTURA-
 MIENTO MUY INTENSIVO.

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

- CONTACTOS GEOLÓGICOS
- APARATO VOLCÁNICO
- CONO CÓNICO
- DIRECCION DE FLUJO
- FRACTURAS IMPENIDAS

SIMBOLOS GEOFISICOS

- SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
- MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD

M. D. T. LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LAS
 CARTAS DE DETALLE, ESCALA 1:50,000 REDUCIDAS
 A LA ESCALA 1:75,000

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO GEOLOGICO REGIONAL
 DE LA MESETA JARASCA.

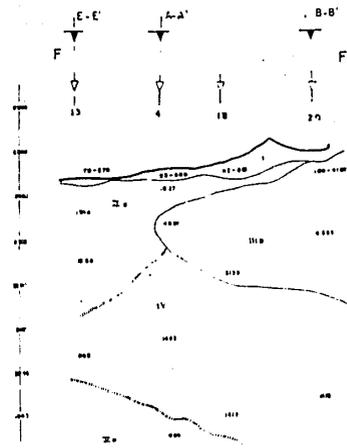
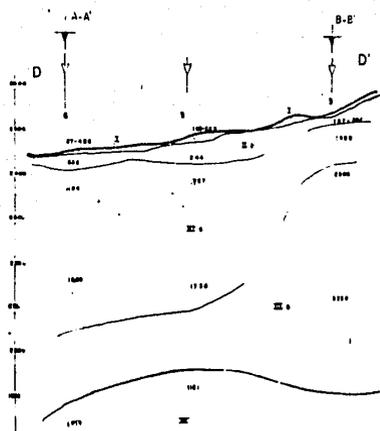
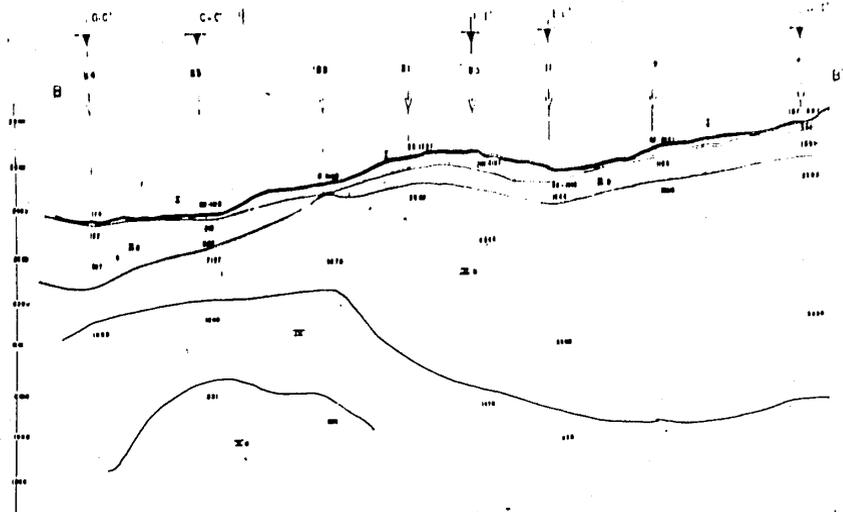
ELABORO ALMAZAL MUÑOZ BERRARDO
 BORRATZ GARZA ALZAMORA

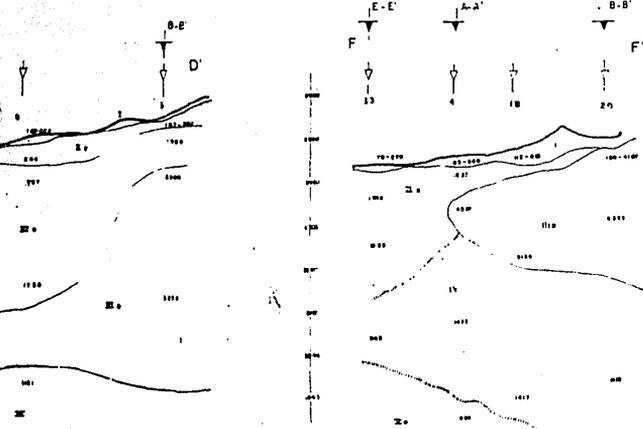
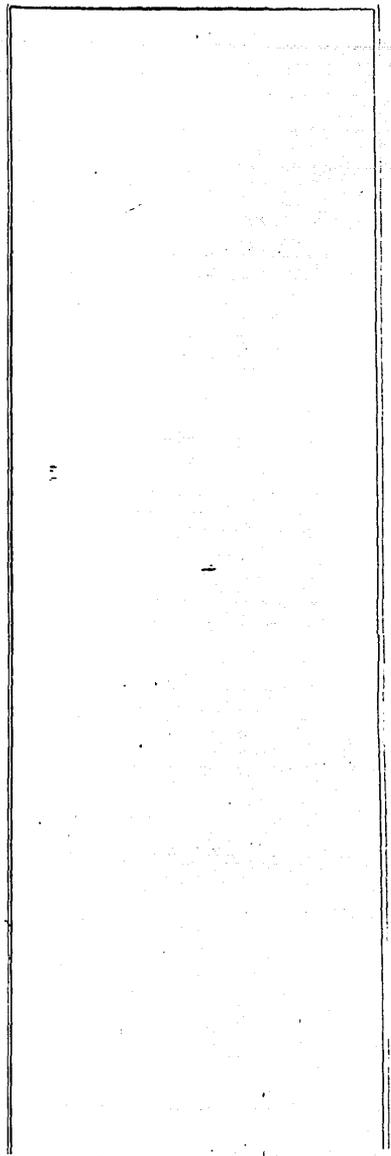
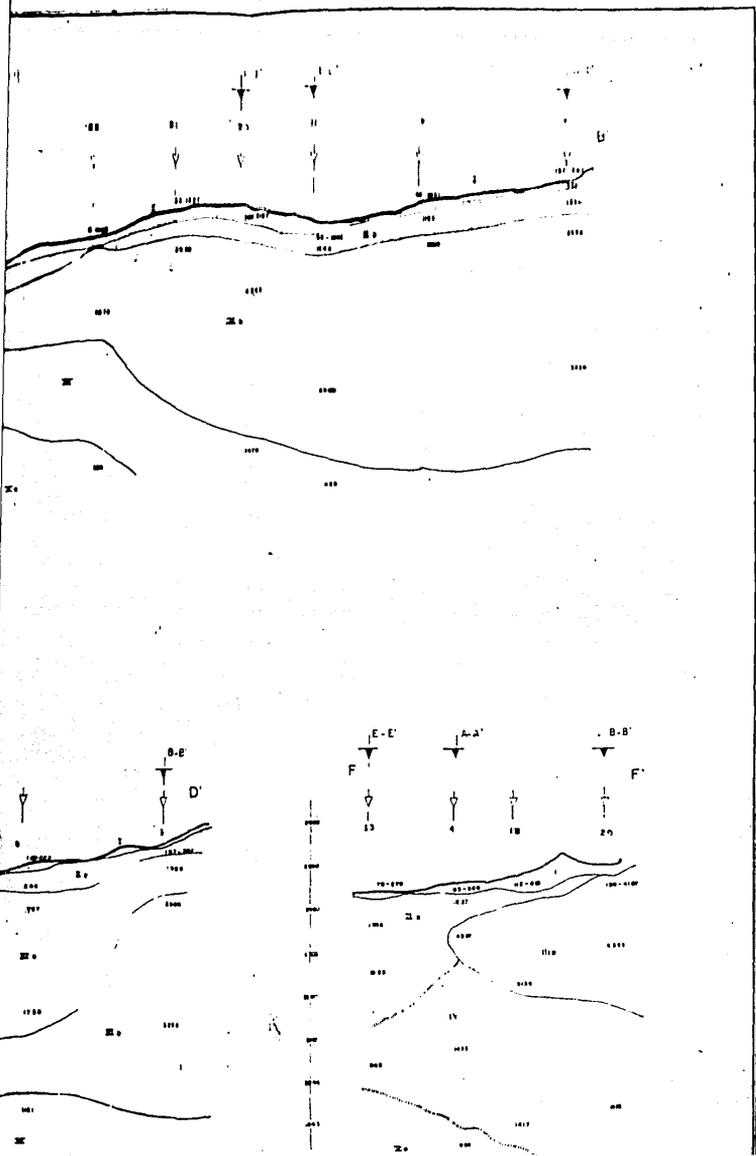
PLANO No

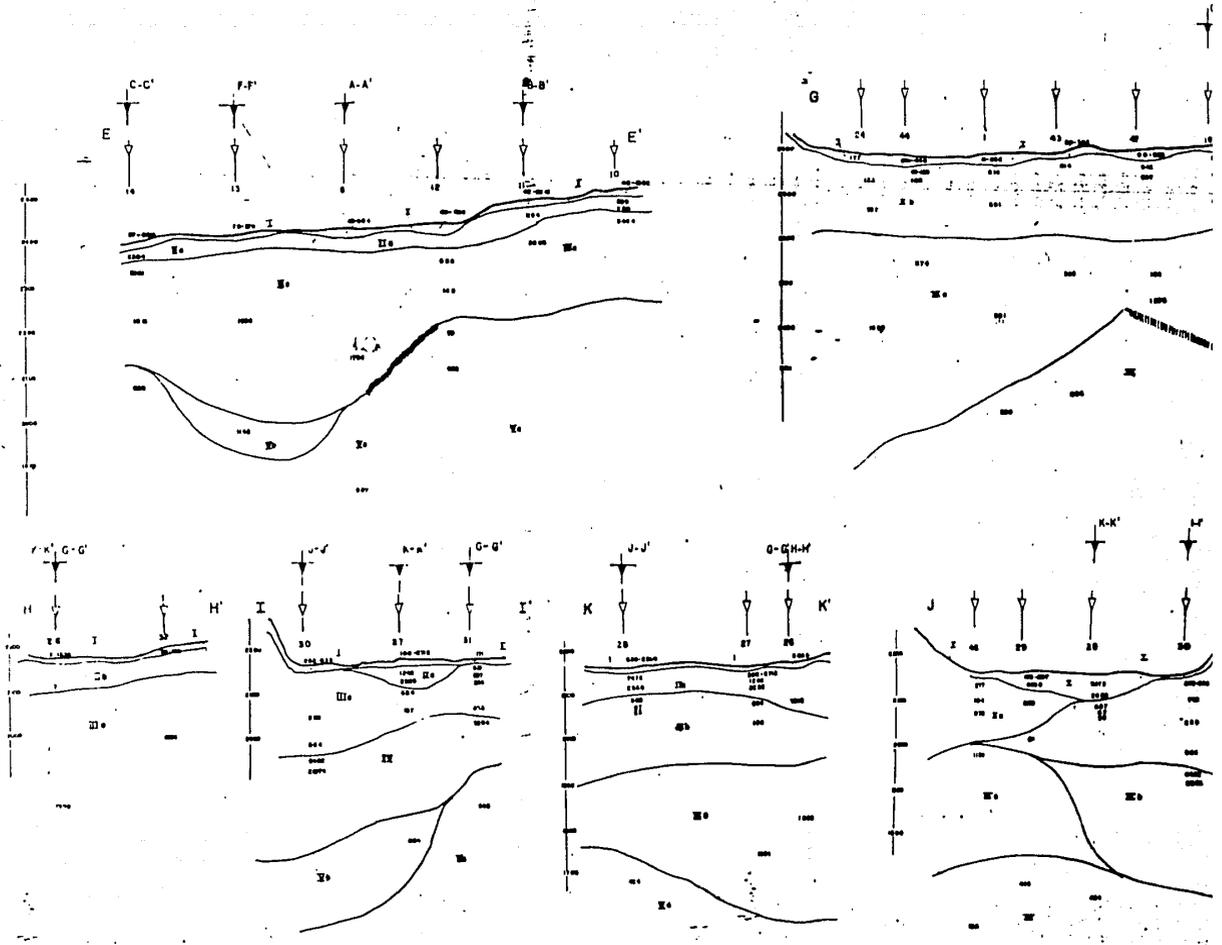
TESIS PROFESIONAL

ESC. I 178000

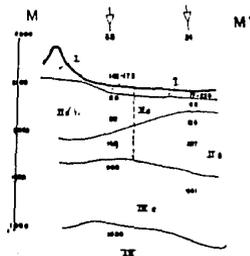
I



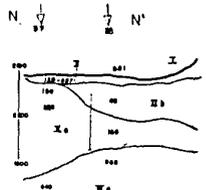




POZO TANACO



POZO HURIO



POZO ARANTEPECUA



POZO PAR

